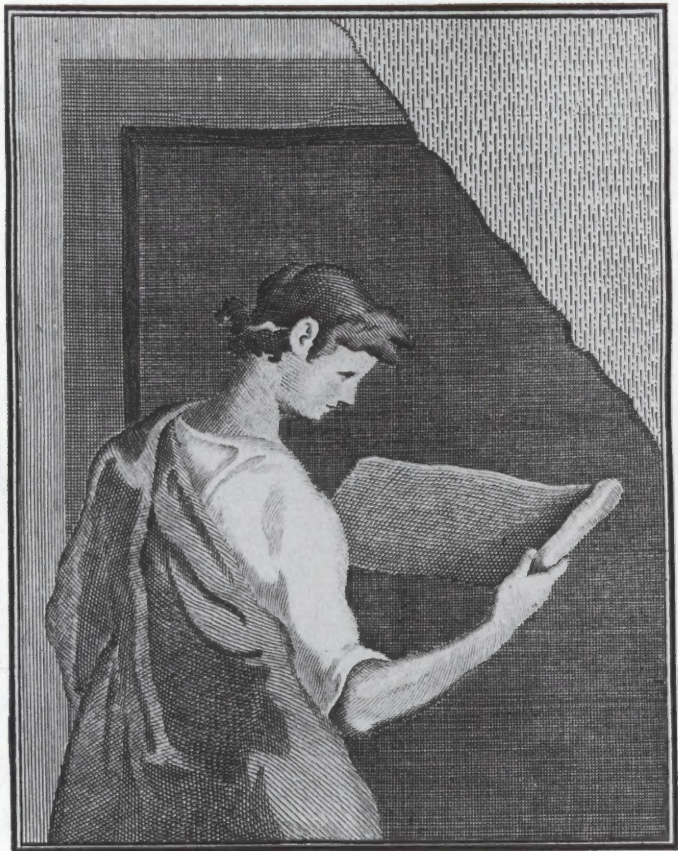
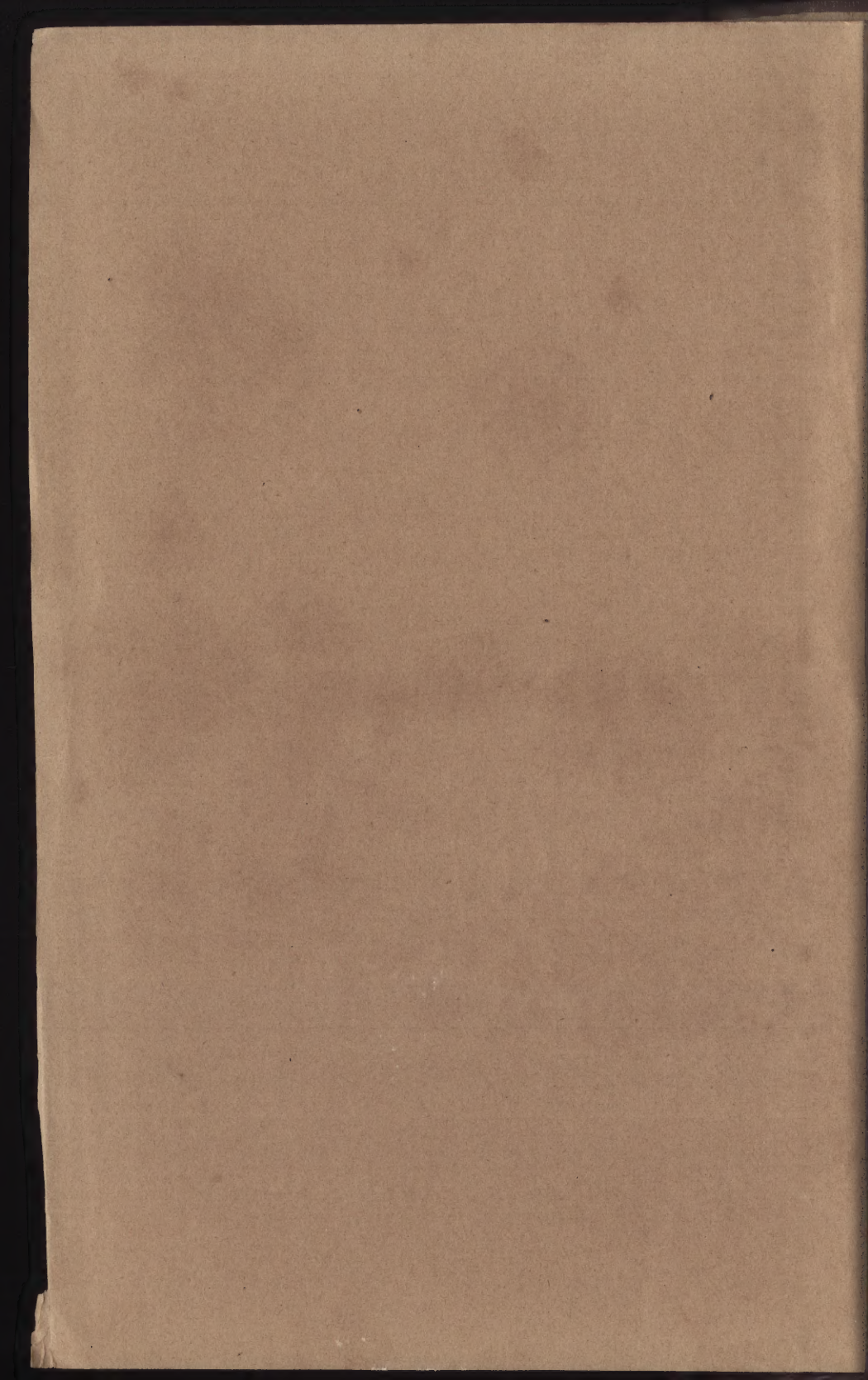
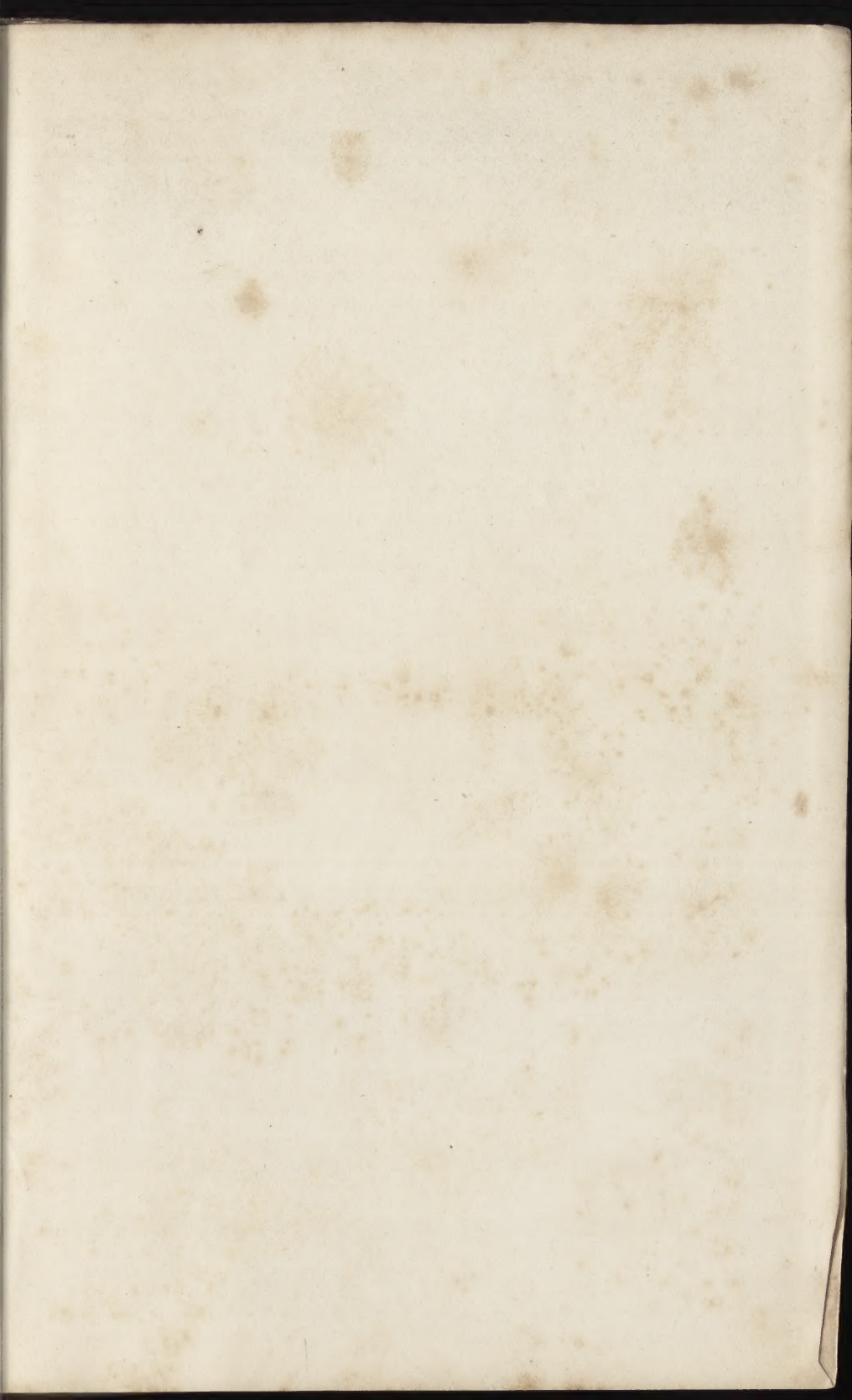
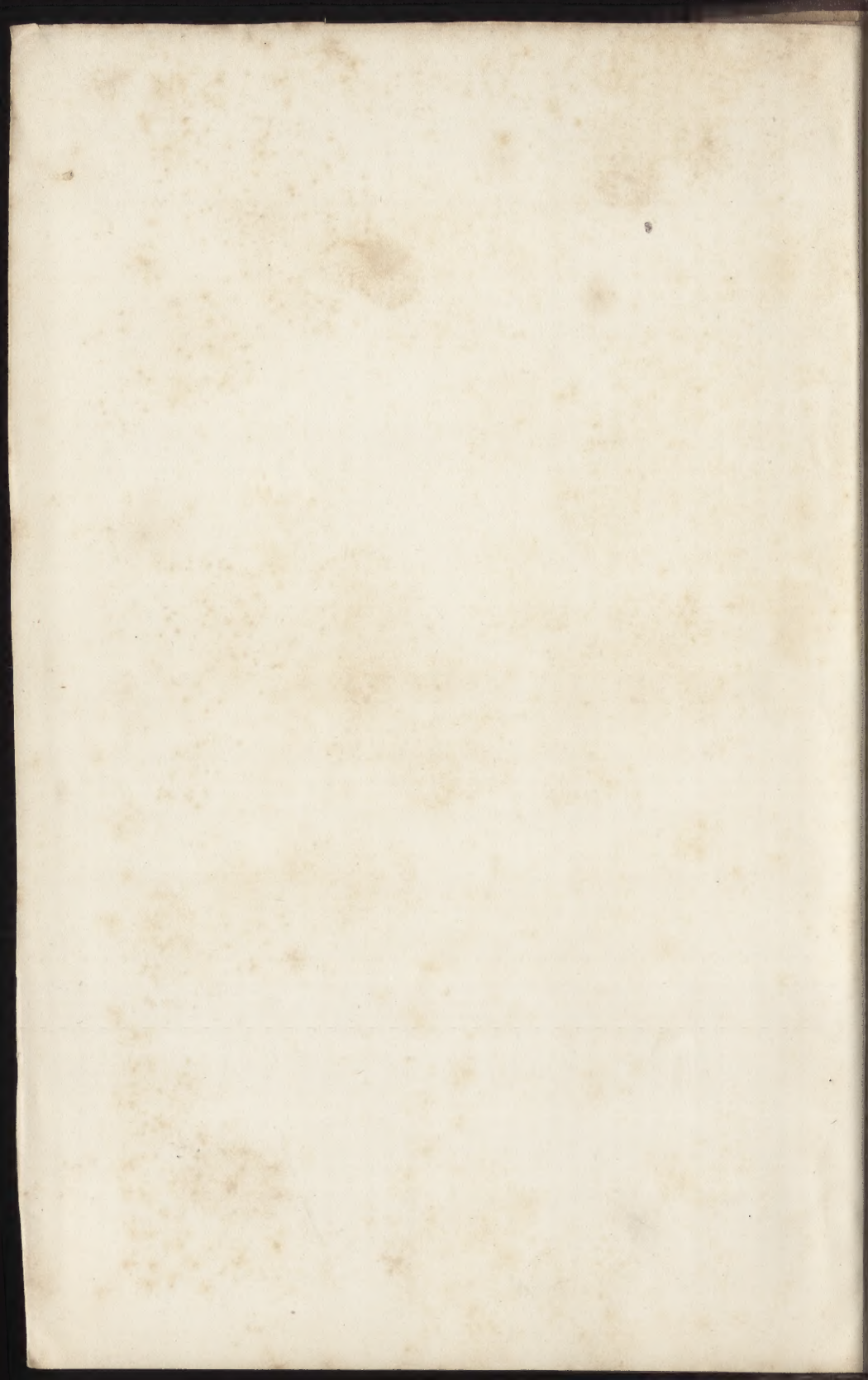
BIBLIOTECA SCIENTIFICA INTERNAZIONALE

M. S. DE ROSSI

LA

METEOROLOGIA ENDOGENA

MILANO

FRATELLI DUMOLARD

Biblioteca Scientifica Internazionale

VOL. XIX.º

LA

METEOROLOGIA ENDOGENA

DEL

Prof. MICHELE STEFANO DE ROSSI

Me vero primum dulces ante omnia musæ...
Accipiant; cœlique vias et sidera monstrent...
Unde tremor terris: qua vi maria alta tumescant
Obicibus ruptis, rursusque in se ipsa residant.
Felix, qui potuit rerum cognoscere causas.

Virgilio. *Georg. II.*

TOMO PRIMO

CON CINQUE TAVOLE LITOGRAFATE

MILANO
FRATELLI DUMOLARD
1879.

INDICE

Capo Sesto.

Capo Settimo.

Capo Ottavo.

Capo Nono.

Capo Decimo.

LIBRO SECONDO.

Esame speciale del terremoto isolatamente considerato.

Capo Primo.

Capo Secondo.

Capo Terzo.

Capo Quarto.

Capo Quinto.

Capo Sesto.

Capo Settimo.

PREFAZIONE

Credo poter francamente appellare studio di meteorologia endogena il nuovo metodo e la nuova organizzazione di ricerche sui fenomeni endogeni risultante dalla associazione ed ordinamento degli studi di molti sotto una forma finora non tentata almeno in cotanto vasta scala. Dobbiamo all'insigne geologo ed insieme sommamente simpatico scrittore Prof. Antonio Stoppani di Milano il concetto della Endodinamica tellurica considerata come un complesso di fenomeni procedenti da forze speciali, che non sono nè spente, nè in via di estinzione; ma che si riproducono come l'attività d'un quasi organismo. Il dottissimo autore studiò il complesso dei fenomeni endogeni; ne costituì un ramo speciale di geologia dinamica che chiamò endogena, ed applicò lo studio di questo dinamismo tellurico a rintracciare la storia delle vicende, che hanno ad intervalli e lentamente modificato la crosta del globo. Egli con lo Scrope ci ha dipinto il vulcanismo come fenomeno tellurico e non perimetrico isolato. Ma, come ho detto, il concetto di Stoppani considerando la somma dei fatti avvenuti in

grande nei periodi geologici, mentre forma la base dello studio di cui ragiono e ne definisce il campo, non ne accenna punto il particolareggiato e giornaliero esame, che ora io vado a formolare. È stata gloria italiana il concetto d'una endodinamica tellurica, dovea essere pure gloria nostra il formare della medesima un nuovo ramo di scienza geologico-meteorologica. E veramente quale altra regione si presterebbe quanto l'Italia a campo speciale di accurati studi sopra i fenomeni endogeni? I suoi vulcani attivi, la frequenza dei suoi terremoti, l'oscillazione delle sue coste, le mille manifestazioni del dinamismo interno nelle sorgenti termo-minerali, mofete, solfatare, petroli, soffioni, ecc., formano un campo completo di fenomeni, che in niuna altra regione egualmente abitata e civile troverebbe mezzi per le osservazioni assidue che è necessario organizzare, onde raggiungere lo scopo che l'odierno programma di ricerche esige assolutamente.

I fenomeni del vulcanismo suscitarono mai sempre in Italia l'attenzione dei dotti italiani e stranieri; dimodochè nei secoli passati e molto più nel presente qualunque eruzione o terremoto di qualche violenza, fu sempre soggetto d'analisi scientifica. Ma questi studi isolati si concentrarono così sui massimi di una attività tellurica, che non cessava di manifestarsi mediante le fumaiuole ed i piccoli terremoti negli intervalli fra le eruzioni ed i terremoti disastrosi. Le fasi minori e lunghe è facile intendere come possano riuscire per la scienza talora assai più istruttive delle convulsioni violente; nel medesimo modo come negli studi della meteorologia atmosferica è più fruttuoso il se-

guire l'andamento delle basse ed alte pressioni dell'aria, che l'analizzare i fenomeni cagionati dallo scatenarsi d'una furiosa bufera. Il Mallet e qualche altro hanno vagheggiato l'impianto di regolari corrispondenze e di istrumenti speciali per compilare una esatta statistica dei terremoti. Ma questo stesso molto limitato progetto rimase un desiderio personale di chi lo propose.

Per ciò che riguarda le fasi vulcaniche nel più noto fra i monti ignivomi che è il Vesuvio, un bel principio di accurati studi abbiamo veduto nell'Osservatorio vesuviano del Palmieri. Quest'Osservatorio, quantunque fondato per iscopo puramente meteorologico, trovò nel suo Direttore Professore Luigi Palmieri chi seppe, per quanto potè, volgerlo anche all'indagine delle fasi di attività vulcanica del monte sul quale è stato eretto. Ma coll'Osservatorio vesuviano non era istituito lo studio dell' intiero vulcanismo italiano e molto meno l'indagine di tutti i fenomeni manifestanti il dinamismo tellurico nella nostra penisola. Vero è che gli Osservatorii magnetici in Italia e nell'estero servono all'indagine di un ramo speciale di fisica terrestre e perciò di fenomeni tellurici; ma questo ramo, benchè importantissimo, forma soltanto una parte del complesso dei fenomeni, che manifestandosi nell'interno della crosta costituiscono la dinamica endogena del globo. Lo studio degli altri fenomeni, quantunque non del tutto trascurato, è diviso fra i geologi, gli idraulici, i medici, i meteorologisti, i chimici, ciascuno dei quali indaga ciò che interessa la sua specialità. La gran luce del complesso non si è cercata da veruno tranne che in parte dallo Stoppani.

E ciò posto, tornando di nuovo con lo sguardo anche al solo vulcanismo in Italia si osservi quanto possa fornire l'unico Osservatorio vesuviano, trascurando di sorvegliare i fenomeni dell'Etna, dello Stromboli, dei Campi Flegrei, delle mille solfatare, mofete, salse e vulcani di fango. Oltre a ciò come si potranno studiare le fasi dell'attività dei vulcani senza compilare una statistica cronologica e topografica dei terremoti grandi, mediocri e piccoli che battono l'Italia ora non lungi ed ora lungi dai centri vulcanici? Cotali statistiche furono interpolatamente più volte tentate; e niuno ignora i grandi lavori del Perrey, del Mallet, dello Schmidt e di altri. Ma questi lavori essendo opera individuale in un campo vastissimo quantunque mirabili ed utilissimi, nè poterono raccogliere gli elementi sufficienti, nè fondarono quella organizzazione di studi collettivi e comparativi, che questo trattato mostrerà essere assolutamente indispensabile.

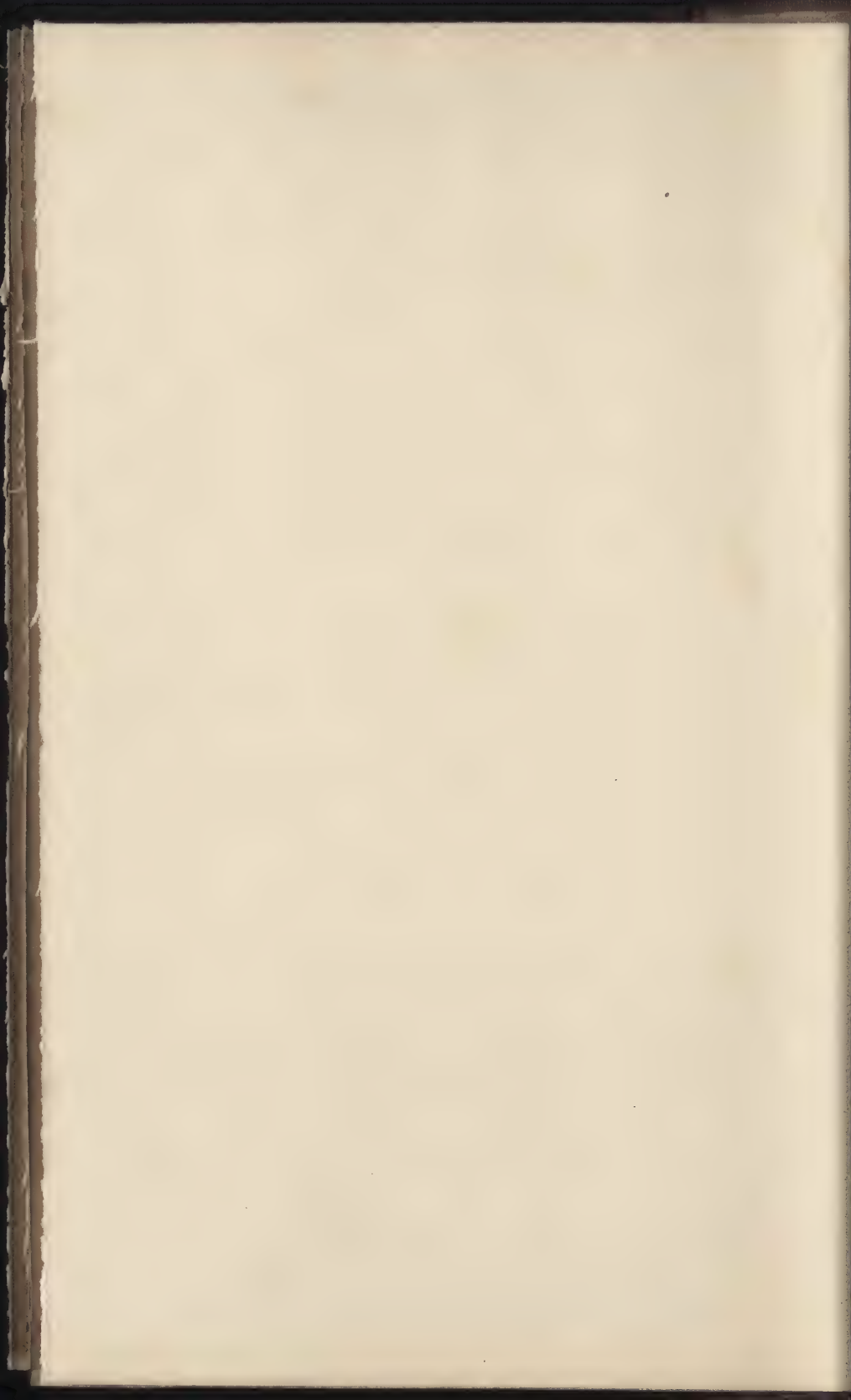
A fine di raccogliere il maggior numero possibile di osservazioni ossia di fatti in Italia, io procurai nel 1873 di organizzare una rete di corrispondenza; ed in ciò fui grandemente coadiuvato dal Bertelli, dal Denza, dal Malvasia, dal Serpieri, dal Silvestri, dal Conti, dal Galli e da altri. Quindi, nel 1874, potei fondare la pubblicazione periodica di un Bullettino intitolato **Del Vulcanismo italiano**, *nel quale, dando in luce i fatti raccolti, svolgevasi un centro di attività per la corrispondenza e le ricerche. Questo periodico che è stato il primo a comparire dedicato a tale specialità scientifica, nei sei anni finora decorsi diede frutti veramente copiosissimi e superiori alla espettazione che io*

stesso ne aveva concepita. Col Bullettino io provvidi dunque ad un primo mezzo per raccogliere i fatti più appariscenti del vulcanismo italiano. Ma non è in mio potere certamente il sopperire a tutto ciò che il vulcanismo stesso esigerebbe. L'Osservatorio Vesuviano dovrebbe essere riprodotto sull'Etna e sullo Stromboli: ed altri mezzi d'osservazione domanderebbe la scienza del vulcanismo in altri moltissimi luoghi della penisola.

Se poi lasciando il vulcanismo consideriamo il complesso di tutti gli altri fenomeni di origine endogena più o meno connessi col vulcanismo o separati dal medesimo, fra i quali, come ho detto sopra, troviamo finora il solo magnetismo terrestre ricercato nelle sue minime fasi, dovremo persuaderci, che esiste un campo vastissimo tuttora vergine ed inesplorato negli studi sul dinamismo interno tellurico. I quali studi comparati con le ricerche minute sulle fasi giornaliere del vulcanismo, aprono l'orizzonte della nuova scienza, che io chiamo meteorologia endogena. Ma qui taluno potrebbe osservare esser superfluo e premáturo il nuovo appellativo, che io propongo per una scienza da costituirsi e che è forse già abbastanza rappresentata da ciò che appelliamo vulcanismo. Infatti sembra che i fenomeni endogeni, eccetto il magnetismo, più o meno si riassumano nei fenomeni d'ordine vulcanico: ed in conseguenza di ciò certo non converrebbe creare una nuova meteorologia prima che la scienza avesse trovato l'esistenza di una armonia e di un complesso di leggi speciali, che dimostrino i fenomeni endogeni tutti, compresi i vulcani essere collegati fra loro in forma di meteorologia speciale.

A cotesta spontanea e giusta obbiezione rispondono i risultati degli odierni studi italiani sui fenomeni endogeni. I quali studi se non fruttarono ancora la scoperta delle leggi regolatrici il dinamismo tellurico, misero però in evidenza esser molti e complessi i fenomeni endogeni, discoprendone anche alcuni nuovi sconosciuti. Sopratutto poi manifestarono, che tali fenomeni, unitamente ai noti sotto il nome di vulcanismo, sono soggetti a variazioni periodiche di forma similissima alle mutazioni della meteorologia atmosferica. Ed oltre a tutto ciò appare eziandio indubitata l'esistenza di vincoli fra la meteorologia atmosferica ed i fenomeni d'origine interna; dei quali vincoli quantunque non si possa ancora esattamente definire la natura, ne è però chiaro l'effetto di una mutua influenza reciprocamente attiva e passiva. La scienza adunque della meteorologia endogena è il risultato degli odierni studi italiani; e lo svolgimento dei medesimi in Italia e fuori aprirà un campo nuovo di investigazioni scientifiche, nel quale campo la stessa meteorologia propriamente detta ed atmosferica troverà una fonte di luce ed un appoggio, che le sarà oltremodo utile o per dir meglio assolutamente necessario nei futuri suoi progressi.

Dimostrare particolareggiatamente questo risultato degli odierni studi italiani circa i fenomeni endogeni ed additare le norme ed i mezzi sperimentali per organizzare le osservazioni e gli osservatorii speciali di siffatta nuova materia scientifica, forma l'oggetto e lo scopo del presente lavoro che deve anche servire a constatare o quasi inaugurare la fondazione del nuovo ramo di studi.

Dato così il concetto generale dell'opera, premetto ad essa una sola avvertenza relativa al metodo adottato nello svolgerla. Darò dunque alla trattazione una forma storica piuttosto che rigorosamente logico-scientifica. Preferisco questo ordine perchè trovo in esso poter congiungere il maggior diletto colla prova evidente ed intrinseca della novità del ramo di scienza che intendo di fondare. Perciò gli stessi cenni dati in questa prefazione sul concetto e sugli elementi del lavoro, debbono tornare svolti completamente nel loro posto, massime nei primi capitoli che formeranno quasi una necessaria introduzione.

LIBRO PRIMO

ESAME GENERALE DEI FENOMENI ENDOGENI.

CAPO PRIMO.

CONCETTO DELL' ENDODINAMICA TERRESTRE SECONDO STOPPANI E PARTE DELLA MEDESIMA TRATTATA IN QUESTA OPERA.

« Ogni noto è un gradino che ci porta più in alto a spin-
« gere più lontano lo sguardo desioso nei campi dell' ignoto.
« Così da ciò che più ci induce ad insuperbire sempre più
« nuda sorge l' idea del nostro nulla, e cresce il sentimento
« della grandezza di Colui

« Ch' è senza fine e se con se misura. »

Con queste parole conclude lo Stoppani il suo prezioso corso di Geologia, e con queste io comincio perchè esse contengono l' anello che lega questo mio qualunque lavoro con quello del citato grande geologo. Io salgo sopra uno dei molti gradini del noto costruiti dallo Stoppani; e scorgo un campo d' ignoto aperto alle indagini di quanti vorranno incominciare ad esplorarlo. Ma quale dei veri trovati o formulati dallo Stoppani forma la base del nuovo ramo di studii che intendo di intraprendere o di organizzare?

Lo Stoppani, nel comporre per uso degli studiosi un nuovo corso di geologia, mercè il suo alto sapere e la perfetta lucidità del suo ingegno, seppe dare un carattere ed un ordine tanto altamente scientifico alla geologia, che oso dire trovarsi nell'opera di lui per la prima volta veramente apparecchiata e per intiero, a disposizione degli studiosi, la scienza geologica. Perciò la geologia dello Stoppani incòmincia a rendersi chiara e severamente scientifica fin dalla prima divisione delle materie. I tre titoli dei tre singoli volumi sono tre campi definiti dello studio della geologia. Il primo di essi « *La dinamica terrestre* », riassume sotto questo nuovo nome felicissimo tutto ciò che prima si studiava imperfettamente nella geografia fisica e nella fisica del globo, che si consideravano come scienze ausiliari della geologia, senza ricercarvi sistematicamente i rapporti con questa. Lo Stoppani vide che quelle due scienze sotto il suo nuovo e vero punto di vista erano la base ed il fondamento indispensabile della geologia. Quindi, col solo formularne il concetto ed esporne le parti costrui uno di quei gradini per i quali si sale a scorgere l'ignoto. Lo studio della dinamica terrestre, lo dice la parola istessa, significa lo studio delle forze che agiscono nella vita del globo e ne modificano le forme. Laonde pensò completare il felice concetto dell'Humboldt, il quale, secondo che le rocce terrestri aveano avuto origine nell'esterno della superficie od al disotto di essa nell'interno, propose di classificarle in esogene ed endogene. Lo Stoppani, risalendo allo studio delle cause, ossia dei fenomeni generatori di esse rocce, li distinse sotto il generale titolo di *forze*, in forze esterne ed in forze interne. Lo che, secondo il noto precetto di Orazio, che permette la coniazione di nuove parole massime nelle

scienze. *Si graeco fonte cadent*, appellò *Dinamica;* e suddivise poi come Humboldt in esterna *esogena*, interna *endogena*. Su questa base *Dinamica*, che forma il primo volume dell' opera dello Stoppani, edificò egli solidissimamente l' edificio dei due seguenti, che corrispondono alle due parti del primo, ossia che studiano e svolgono gli effetti geologici dei due gruppi di forze esogene ed endogene visibili nelle modificazioni subite dal nostro pianeta durante le epoche trascorse dal principio della sua esistenza fino a noi. Così il secondo volume è dedicato alla *Stratigrafia*, parola non nuova che equivale a descrizione degli strati propriamente detti, cioè dei letti sedimentari di materie diverse alternate sulla superficie della terra. In questo volume il dotto autore esamina di preferenza i risultati del primo gruppo delle forze, che chiamò esterne; ed applica all' indagine della storia fisica, ossia alla storia delle modificazioni avvenute sulla terra, tutte le nozioni raccolte sulle proprietà e caratteri delle forze esogene, i cui diversi fenomeni costituivano il ramo della dinamica esterna.

Il terzo volume poi riprende col medesimo metodo l'esame dei risultati delle forze endogene, creando così col nuovo greco nome di *Endografia* una vera sezione novella della geologia. Questa parte di scienza non è nuova nei fatti che esamina, nè è nuova nel riconoscerli di origine endogena; ma è nuovissima nella formulata divisione del soggetto, e inoltre nel metodo, nella qualità e nei risultati delle indagini istituite: sicchè riesce veramente alla creazione di un ramo di scienza nel quale io riconosco, come ho accennato, uno dei nuovi gradini per salire più in alto.

Il nostro autore, come già lo dice il titolo dell'opera, ebbe per fine unico l' istituire le basi della geologia; e perciò,

secondo questo scopo, egli esamina nella dinamica terrestre le forze attive in tanto, in quanto lavorano a modificare il pianeta. E quantunque queste forze oggi agiscano moderatamente, l'azione loro odierna è sufficiente al geologo per afferrarne i caratteri e riconoscerne poi le tracce nei risultati giganteschi corrispondenti alla vastità maggiore delle medesime forze nei tempi geologici. Non era scopo dello Stoppani lo studiare l'andamento odierno della attività tellurica nei suoi particolari, perchè tale ricerca costituisce lo scopo della scienza appellata fisica del globo. Ma qui appunto, dove ci lascia lo Studio dello Stoppani, resta nella scienza della fisica del globo quella medesima confusione ed incertezza per la quale la geologia pura, prima dello Stoppani, mancava di un ordine che le tenesse le veci di un binario regolare da percorrere colla speditezza del vapore. La fisica del globo, in quanto equivale e riguarda lo studio delle odierne fasi subite dalle forze esterne, ha un ramo esattamente corrispondente alla dinamica esterna dello Stoppani, e questo è la scienza della Meteorologia atmosferica, che io vorrei fosse chiamata con più verità meteorologia esterna. Ma per ciò che riguarda le forze interne, come prima del nostro autore non esisteva lo studio speciale di esse nella geologia, così non esisteva, prima che io la organizzassi, la scienza corrispondente per l'indagine delle fasi odierne delle forze endogene. Non intendo aver trovato fenomeni nuovi che prima non fossero in modo veruno studiati (benchè dal seguito dell'opera ne apparirà anche taluno di questi), ma soltanto aver definito, analogamente alla prima luce fornitami dallo Stoppani, il secondo campo speciale della fisica del globo, che appello meteorologia endogena, perchè corrisponde alla endodinamica del più volte lodato autore.

E qui mi si permetta aggiungere una riflessione assai giusta letta in un recente ed assai conspicuo lavoro del Favaro, che definisce tanto bene, secondo il senso mio, la importanza ora annessa alla costituzione della endodinamica geologica dello Stoppani, e meteorologica dei miei studii. Dice dunque il Favaro « esservi un problema d'or« dine ben elevato per chi si applica allo studio dei pro« gressi dello spirito umano, ed esso consistere nella sco« perta del metodo » [1].

Posto tutto ciò a meglio spiegare ciò che ho detto, non pretendere cioè io di creare una scienza, ma soltanto di stabilire un campo definito ed un ramo di studii; faccio riflettere come i diversi fenomeni dei quali oggi io formo il gruppo della endodinamica geologico-meteorologica, fossero prima studiati isolatamente parte dai geologi, parte dai geografi, parte dagli idraulici, parte dai medici o dai chimici, parte dai fisici e parte dai meteorologisti ed astronomi. Erano insomma membra spettanti logicamente ad un sol corpo, divise però senza rapporti vicendevoli; e perciò non esisteva quel corpo, le cui funzioni dovevano risultare dal suo organismo. Aggiungo anzi che taluno di questi fenomeni neppure dallo Stoppani fu ammesso ed analizzato nella sua endodinamica. Ciò avvenne per la diversità già additata che passa fra lo scopo unicamente geologico cui ha mirato lo Stoppani, ed il fine geologico-meteorologico al quale si dirige il presente mio lavoro. Per esempio, allorchè scenderò a classificare i fenomeni che formano il soggetto della meteorologia endogena, vi si tro-

[1] Favaro. *Nuovi studii sui mezzi adoperati dagli antichi contro il terremoto*, pag. 6.

verà il magnetismo e l'elettricità terrestre ed atmosferica. Cotesti fenomeni non producendo direttamente risultati geologici, non furono punto presi in considerazione nella endografia dello Stoppani.

Ma qui appunto siamo pervenuti al luogo di dare, dopo il concetto generale del sistema degli studii geologici dello Stoppani, il particolare quadro della sua endodinamica; acciò risulti chiara la cognizione del vasto campo, nel quale troviamo il terreno speciale della indagine nostra.

L'illustre geologo, che noi seguiamo, nell'accingersi all'esame dei diversi fenomeni geologici interni od attivi, prende le mosse da quello che già prevede porgli nelle mani il filo e la chiave del vasto labirinto delle imponenti manifestazioni della vita interna del globo. Il vulcanismo, i terremoti, le oscillazioni lente della superficie, la circolazione sotterranea delle acque sono nel loro complesso, secondo lo Stoppani, i fattori della endodinamica tellurica. Fra cotesti fattori egli ha prescelto di analizzare in prima linea la circolazione sotterranea delle acque; e dice che l'ideale della grandiosità della interna circolazione delle acque non va perduto giammai di vista, dovendone nascere un altro importante ideale, quello cioè della grandiosità degli effetti, che essa circolazione deve produrre nell'interno del globo [1].

Da ciò si vede quanta importanza l'illustre geologo annetta alla efficacia ed alle funzioni che esercita la circolazione interna delle acque. In queste poi l'autore giustamente riconosce un mezzo d'esplorazione dell'interno del globo, perchè egli dice essere desse un termometro spinto a pro-

[1] Stoppani. *Corso di geologia,* vol. I, pag. 284.

fondità assai maggiori di quelle che l'uomo abbia mai potuto attingere finora [1]. In quelle eccessive profondità l'acqua subisce e promuove azioni misteriose, che ci accusa in sè stessa allorchè torna alla superficie sotto forma di sorgenti svariatissime nel grado di temperatura, di livello, di mineralizzazione, di perennità, di intermittenza, ecc. Egli ci avverte che poche sono le acque assolutamente pure; e queste si possono mineralizzare fino ad un certo grado per azioni esterne; ma al di là di quel grado debbono essere alterate da azioni interne. Ed in questo campo lo Stoppani trova scarsi gli elementi dell'osservazione e degli studii fatti eziandio per l'unico scopo geologico. È aperto, egli dice, un largo campo di studii alla *Chimica geologica.* Anche solo facendo uno spoglio ed una raccolta dei fatti già noti, massime nel campo dell'arte salutare, potrebbesi dedurre una sintesi circa l'attività chimica dell'interno del globo in rapporto colla circolazione sotterranea delle acque. I più importanti di questi rapporti sarebbero secondo Stoppani: 1° la temperatura delle sorgenti; 2° la loro elevazione sopra il livello del mare; 3° la loro distribuzione geografica; 4° la natura degli strati o del gruppo di rocce da cui sgorgano; 5° la serie geologica entro la quale dovrebbero circolare per giungere alla loro foce [2]. Nel grande fatto della mineralizzazione delle acque egli vede predominare la rivelazione dei gas interni della terra e sopra tutti quella del gas acido carbonico, la cui presenza è fenomeno per lui altrettanto volgare, quanto le sorgenti stesse. Osserva però che le emanazioni gassose e specialmente quelle del

[1] L. c. pag. 287.
[2] L. c. Vol. I, pag. 295.

gas acido carbonico costituiscono da sè sole un fenomeno tellurico importantissimo per la sua universalità ed indole eminentemente endogena. Ne conclude in generale che l'attività vulcanica nel suo senso più largo è alimentata dal concorso delle emanazioni gassose provenienti dall'interno colle acque circolanti, che derivano dall' esterno. Quindi lo Stoppani secondando il suo scopo unicamente geologico applica le riferite considerazioni allo studio delle creazioni di nuovi depositi stratiformi dovuti alle sorgenti acquose [1].

In questa disamina della circolazione e della azione interna delle acque provenienti dall' esterno già si è veduto come l' illustre naturalista riconosca implicato il vulcanismo, che potremmo dire esser il principale e più manifesto fra i fenomeni endogeni. Quindi appresso alle acque segue immediatamente l' analisi dei vulcani e delle loro fasi di attività. Saggiamente egli comprende nella generale sezione del vulcanismo non solo i vulcani propriamente detti, ma tutte le manifestazioni minori del vulcanismo medesimo, che chiama secondarie o di pseudo-vulcanismo. In queste poi egli trova il tipo delle forme che assumono talvolta i veri vulcani, allorchè restringono ed impiccoliscono le mostre della loro attività, come riconosce nei medesimi durante la loro piena forza la riunione di tutti i fenomeni, che separati costituiscono il pseudo-vulcanismo.

Cosi spontanee gli discendono le distinzioni delle diverse fasi dei vulcani, che nello stesso tempo potrebbero dirsi la distinzione fra i primarii ed i secondari vulcani, dato che i primarii assumono talvolta nella attività le apparenze limitate dei secondari. Cosi egli appella: 1°, fase Pliniana o

[1] L. c. pag. 299.

di esplosione nei vulcani il momento di una grande conflagrazione pareggiabile a quella che avvenne nel Vesuvio l'anno 79 dell'êra nostra, quando perì Plinio il grande naturalista dell'antichità; 2°, fase di dejezione o stromboliana il tempo che segue allorchè dopo il grande parossismo il vulcano per più o meno tempo conserva un' attività tranquilla emettendo lave e vapori con calma ed anche periodicità, come fa d'ordinario stabilmente il nostro vulcano Stromboli. La terza fase, secondo Stoppani, è caratterizzata dallo stato di semplice emanazione o di solfatara, nel quale stato si somigliano i vulcani veri con i vulcani di secondo ordine. Finalmente la quarta fase appella di estinzione, perchè appena languide tracce rimangono visibili dell' attività ignivoma; e talvolta null'altro che qualche raro periodo di sismiche commozioni del suolo. In tutte queste fasi lo Stoppani considera la genesi, la vita e la morte geologica dei vulcani e la influenza loro nelle visibili modificazioni della superficie terrestre. Esamina i rapporti vicendevoli massime topografici dei vulcani fra loro e le relazioni dei loro allineamenti con le grandi depressioni dei bacini marini e dei rilievi terrestri; d'onde sorge l'idea sommamente probabile della unicità del vulcanismo tellurico [1]. Quindi conclude che tutti i vulcani appartengono ad un solo sistema, rappresentando una rete di fessure, per cui l'interno del globo è in relazione immediata coll' esterno. Un vulcano adunque, egli segue, non ci manifesta soltanto lo stato dell'interno del globo in quel punto che si riferisce al vulcano stesso, preso individualmente; ma è una manifestazione dello stato interno del globo medesimo più generale; ed è

[1] L. c. pag. 376.

la più perfetta manifestazione della attività endogena del pianeta [1].

Prendendo ad esame ciò che producono e manifestano i vulcani ed i pseudo-vulcani in qualsivoglia delle loro fasi, lo Stoppani ci fa toccare con mano che tutto si riduce ad azioni chimiche, nelle quali sono mai sempre in giuoco principalissimo il vapor d' acqua e le emanazioni di gas. Tornano adunque in campo nel vulcanismo gli effetti della circolazione sotterranea delle acque.

Altro fenomeno eminentemente endogeno ed eminentemente collegato col vulcanismo è il terremoto: taluno lo chiama un tentativo di eruzione fallito. Lo Stoppani nell'esaminare questo pauroso e gigantesco fenomeno, lo considera principalmente nel suo modo di agire; ed è costretto a riconoscere in esso un agente che è fluido elastico, anzi precisamente il vapor d'acqua. Ne stabilisce quindi per teoria e per esperienza gli stretti rapporti coi fenomeni atmosferici, massimamente colla pressione barometrica, malgrado la scarsezza dei fatti, dei quali dispone per dimostrarlo. Anzi in ciò egli stesso fa notare come la povertà delle osservazioni ed i loro gruppi contraddittori fecero cadere il grande Humboldt in due parimenti contraddittorie sentenze, negando cioè una volta ed affermando un'altra i vincoli fra i fenomeni sismici ed atmosferici [2]..

Lo Stoppani esamina pure il terremoto nelle sue relazioni coi vulcani, coi quali lo trova spesso ma non sempre connesso. Così il terremoto a seconda del suo modo di mostrarsi può essere diviso, secondo lui, in tre categorie: in vulcanico cioè, in perimetrico ed in tellurico. Le due prime

[1] L. c. pag. 390.

[2] Humboldt. *Cosmos*, Tom. I, nota 81.

categorie si legano ai vulcani o direttamente nei terremoti vulcanici, od indirettamente nei perimetrici, che compariscono in regioni influenzate dai vulcani e sotto la evidente dipendenza dei medesimi. Il terremoto tellurico per lo Stoppani è qualche cosa di più grandioso. Esso compromette vaste porzioni del globo terracqueo; e rivela un'azione endogena più generale della dipendente dai singoli centri del vulcanismo. Ma di qualunque specie sieno i terremoti, lo Stoppani vede sempre in essi un agente geologico e modificatore della orografia terrestre, le cui opere accumulate coi secoli noi dobbiamo riconoscere nello studio della crosta terrestre.

Il quale studio poichè ci apre agli occhi un campo non solo vastissimo, ma tutto rivelante una splendida manifestazione di forze gigantesche, le quali sia violentemente coi terremoti, sia insensibilmente colle lente oscillazioni del suolo hanno più volte mutato la sede ed i confini dei continenti e dei mari, non può più contentarsi della luce ricavata nell'analisi della sola dinamica terrestre contemporanea. Questa quantunque riveli nel fatto dell'attività odierna tutti i fenomeni che costituirono mai sempre le forze telluriche, per esser comprese nell' atto della formazione del globo ossia nello svolgimento della sua storia fisica ha bisogno del confronto coi monumenti di cotesta storia esistenti nelle masse delle formazioni geologiche. Quindi l'autore mirando sempre al suo scopo tutto geologico intraprende nel volume della endografia l'esame dei prodotti delle forze endogene quando esse erano capaci di opere geologiche nello stretto senso della parola. In questo campo non mi è necessario di seguire il mio illustre e simpatico antesignano, non dovendo l'opera mia mirare direttamente alla interpre-

tazione dei fenomeni geologici antichissimi. Debbo estrarre però anche dalla endografia dello Stoppani qualche concetto che completa il quadro da me riferito della sua endodinamica.

Già dai rapporti generali sopra accennati fra gli allineamenti dei centri di attività vulcanica ed i rilievi e le depressioni terrestri, si è visto il largo concetto dell' autore, che intravede nel vulcanismo una manifestazione più o meno localizzata, più o meno speciale del nostro tempo (in tanto solo in quanto oggi la vediamo), funzionante però in un apparato unico e generale, che comprende l' intiero globo. Spariscono così in quanto alla struttura geologica, ossia in quanto alla ragione meccanica della esistenza, le differenze fra le fratture costituenti le catene dei monti e le catene dei gruppi vulcanici. Anzi è bene su ciò meglio definire il concetto dell' autore. Egli vede nel globo una rete di fratture prodotte da antiche convulsioni telluriche, le quali stabilirono una comunicazione fra l' interno e l'esterno del pianeta. Da queste fratture poterono mostrarsi all' esterno, come si mostrano anche oggi, i prodotti e gli effetti delle azioni chimiche interne. Se non che i gradi di tali manifestazioni dovettero essere, come lo sono anche oggidì, subordinati alla resistenza dell'apparecchio di comunicazione, ossia delle fratture. Dunque come è chiaro che coteste fratture nei principali loro assi dovettero aprirsi maggiormente, così è chiaro che allontanandosi da tali assi le fratture conseguenti di secondo, terzo e quarto ordine per lo più normali fra loro, dovettero riuscire sempre meno aperte, fino a divenire relativamente capillari. Del pari è quindi evidente, che nelle grandi aperture poterono allinearsi i grandi centri di comunicazione fra l'interno e l'esterno, ed

essere quivi emessi i grossi torrenti delle rocce eruttive. Nelle fratture poi dette di seconda, terza e quarta capacità, di seconda, terza e quarta importanza, saranno le medesime comunicazioni; sicchè dove i soli fanghi avranno adito, e dove le sole acque, ed infine i soli gas potranno mostrarsi per quelle alla superficie [1].

Questo colpo d'occhio all'apparato meccanico della rete fratturale terrestre nel concetto dello Stoppani corrisponde all'accurata analisi delle rocce cristalline od eruttive. Per questa analisi spariscono le differenze fra le rocce dette cristalline ed eruttive plutoniche, alle quali un dì si attribuiva il sollevamento delle montagne, e le rocce pure cristalline ed eruttive che si facevano dipendere dai semplici vulcani. Sparisce insomma la differenza tra vulcanismo e plutonismo; e tutto si identifica in una sola più o meno grande, più o meno estesa manifestazione dell'interna vita del globo [2].

Cotesta identificazione dell'apparato confermata dalla natura delle rocce, genera, secondo Stoppani, nella interpretazione della natura delle dette rocce, la conciliazione fra le due scuole geologiche dei plutonisti e dei nettunisti. Secondo le analisi raccolte dallo Stoppani, che qui non posso riferire per non dilungarmi troppo, e perchè è questione (per ora) non interessante alla meteorologia endogena, non uscirono giammai dalla terra nè fra i monti, nè nei vulcani, rocce eruttive ignee per fusione vera, ma solo magma acquei a diverse temperature. Laonde tali magma se sono più o meno freddi danno i fanghi; e se più o meno incan-

[1] L. c. Vol. I, pag. 473.
[2] Vol. III, Capo I all' VIII.

descenti, formano le lave. In egual guisa dai graniti, dai serpentini detti plutonici da alcuni e nettuniani da altri, alle lave dette fuse ed ai fanghi detti acquosi, non passerebbe altra differenza che quella della temperatura; e l'acqua ne sarebbe mai sempre l'agente primario [1].

Ma dalle cose ora riferite già apparisce chiaro che coll'acqua, secondo Stoppani, agisce potentemente il calorico. Il calorico adunque fa parte della vita interna del globo, ed entra come agente attivissimo nelle manifestazioni dei fenomeni endogeni. E qui nasce la grande questione: il calorico interno è il residuo di un calore iniziale di cui fu dotata tutta la massa del globo, ovvero è desso un elemento che si consuma e si riproduce e che fa parte della vita del pianeta? L'autore, per risolvere siffatto quesito, esamina tutte le teorie ed ipotesi formate dai diversi autori e che hanno più o meno regnato nei diversi partiti scientifici.

Io non posso qui riassumere la discussione sublime fatta su questo soggetto dallo Stoppani; ma mi limito ad additarne i risultati, che al mio credere hanno la certezza della evidenza.

I sollevamenti della crosta terrestre avvennero, e le sue lente oscillazioni sono un fatto innegabile. Nell'ipotesi della perdita graduale del calore iniziale, le contrazioni che avverrebbero per raffreddamento non spiegano abbastanza nè il modo, nè il valore delle oscillazioni. Esaminato poi da vicino il vulcanismo si trova esser falso che esso sia in diminuzione, e l' analisi dei dati geologici accusa manifestamente nel globo una attività che si riproduce. L'attività chimica è fonte perenne di calore, e può paragonarsi ad

[1] L. c., tomo III, pag. 127.

una forza vitale. In questa adunque deve risiedere la riproduzione incessante del calore, e con esso la causa della interna attività. « Questo calore » son parole dell' autore « che di continuo si riproduce, è anche soggetto a continui « squilibri. Se qui si perde, là si accumula; dove si accu- « mula, dilata; i processi chimici vi divengono più attivi. « Finale risultato è l' aumento di volume delle masse sot- « terranee, quindi reazione contro la scorza esterna, quindi « rottura e sollevamento. La depressione invece avrà luogo « dove la forza del calore si scema. Le masse esterne squi- « librate, rotte, scomposte, reagiscono l'una sull'altra; quindi « sviluppo di pressioni laterali, per cui le masse reagenti « fra loro si schiacciano, si stirano, si ripiegano presen- « tando in ultimo quel sistema di curve sinclinali ed anti- « clinali, sulle quali si affisa lo stratigrafo meravigliato. « Tutti questi fatti grandiosi si presentano in globo al geo- « logo, che sente il bisogno di ordinarli cronologicamente, « per rifare quest' altra parte importantissima della storia « del pianeta », che proviene dalla dinamica interna, come seguendo i fenomeni della dinamica esterna ha potuto tracciare la storia delle formazioni sedimentarie superficiali [1].

Ma qui vorrei osservare che tutto ciò può formare lo scopo del geologo indagatore della storia del pianeta; non può bastare al geologo che, sui dati della geologia, cerca di completare lo studio finora molto incompleto della fisica terrestre. Ho accennato di sopra che la geologia dinamica esterna ha il suo ramo corrispondente per le ricerche di fisica terrestre nella meteorologia esterna, e con essa infatti ha potuto molto vantaggiarsi trovando nei suoi veri

[1] Tomo III, pag. 687 e seg.

mille applicazioni alle ricerche geologiche. Ma la endodinamica non ebbe finora la sua corrispondente sezione di scienza fra le discipline di fisica terrestre; e niuno osservò che essa ne ha grandissimo bisogno per completare le sue nozioni sulle cause che promuovono l' attività calorico-chimica interna, tanto felicemente definita dallo Stoppani come forza viva e variabile. Se è viva e variabile debbonsi poter seguire le odierne sue fasi. Questa lacuna io tento di colmare, ordinando gli studii separatamente fatti da molti ed anche da me in Italia, e non dubito profetizzare ai geologi endografi che è in questo campo finora non coltivato che giacciono nascosti i mezzi per giungere alla completa cognizione della causa prima e delle leggi tutte passate, presenti e future della endodinamica terrestre.

CAPO II.

CLASSIFICAZIONE DEI FENOMENI ENDOGENI E FASI GEOLOGICO-METEOROLOGICHE DELLA ENDODINAMICA TELLURICA IN GENERALE.

Il titolo stesso di quest'opera e quanto sopra ho accennato, mostrano che debbo riassumere i dati che rivelano l'esistenza di variazioni continue e periodiche nella forma meteorologica nei diversi fenomeni d'origine endogena e la connessione loro con gli altri fenomeni meteorici propriamente detti. Per procedere con ordine parto da cose note, considerandole solo al punto di vista speciale che conviene all'argomento che tratto. Anche però le quistioni già note ricevettero luce negli odierni studii od apparvero più difficili ad essere risolute; e così in entrambi i casi manifestarono la necessità degli studii cumulativi ed organizzati sopra vasto concetto.

Dall'accennato nel riassunto della endodinamica di Stoppani, apparisce che nella serie dei fenomeni endogeni alcuni costituiscono il gruppo delle manifestazioni dette vulcaniche; altri poi sono estranei a questo gruppo. Ma tale separazione è facile persuadersi che debba esser più convenzionale che reale; perchè in natura tutte le forze e le azioni si sommano e si collegano in guisa da riuscire quasi impossibile il determinare nello stesso ordine di fatti la indipen-

denza totale dell' uno dall'altro. Infatti, quantunque per comodo dell' analisi io divida in quattro specie i fenomeni endogeni, e di queste dichiari due spettare all' ordine vulcanico e le altre due esserne separate, analizzando poi la materia mostrerò io stesso che i fenomeni non vulcanici talora sembrano aver parte nel vulcanismo, mentre i vulcani spiegano qualche azione od influenza tra i fenomeni non reputati vulcanici. Le quattro specie o serie di fenomeni endogeni io distinguo e classifico così: 1° *Terremoti ed oscillazioni insensibili del suolo.* 2° *Fenomeni eruttivi.* 3° *Circolazione sotterranea delle acque.* 4° *Fenomeni elettrici e magnetici terrestri.*

Il terremoto ossia le agitazioni del suolo costituiscono la prima serie dei fenomeni endogeni. Può dirsi il terremoto formare una serie di fatti, perchè esso è tanto molteplice da indurre il sospetto e talora la certezza di provenire da cause e da azioni diversissime. Il terremoto sensibile d'ordinario è momentaneo; ma talora è lento e diuturno, e così modifica la orografia. Il medesimo fenomeno, secondo il luogo, l'estensione e le circostanze concomitanti, è da Stoppani suddiviso in tre specie: vulcanico, perimetrico e tellurico. Il terremoto inoltre può essere prodotto dagli spostamenti e scivolamenti meccanici di grandi porzioni di suolo; ed in questo caso vieppiù si allontana dall'ordine dei fatti vulcanici, a cui sembra eminentemente spettare. E finalmente dimostreremo dipoi come oggi si conosca anche il terremoto microscopico che eleva di molto l' importanza endogena di questo fenomeno.

Una seconda serie di fenomeni endogeni spettanti al gruppo dei vulcanici sembrami costituita dai fenomeni di ordine eruttivo. Eruttive certamente sono le conflagrazioni inter-

mittenti dei vulcani; ma eruttivo è pure lo stato più tranquillo dei crateri emittenti solo fumo; e tali pur sono le solfatare, le mofete, i soffioni, i petroli, le fontane ardenti, le salse, i vulcani fangosi e le semplici ed intermittenti emissioni di vapor d'acqua da alcuni crepacci del suolo. Tutti questi fenomeni eruttivi nella massima parte dei casi sono collegati col vulcanismo nel tempo e nel luogo; ma talora si trovano lungi dai medesimi ed in apparente o reale indipendenza dal vulcanismo.

La terza serie di fenomeni endogeni possiamo considerarla non spettare al gruppo dei fenomeni vulcanici, perchè sembra allontanarsene di molto. Malgrado ciò, essa vi si innesta però in moltissimi casi. Tal nuova serie si forma colla circolazione delle acque, che tanto giustamente lo Stoppani considera come una manifestazione potentissima dell'attività endogena. Qualunque sorgente accusa un interno lavorio, e gli stessi pozzi che ci dimostrano un livello sotterraneo di acqua, manifestano un fenomeno speciale, cioè l'acqua raccolta in un bacino sotterra non diversamente da quello che è la raccolta nei bacini esteriori dei mari, dei laghi e dei fiumi. Cotesto livello generalmente si crede alterabile solo dall'affluire maggiore o minor copia d'acqua piovuta alla superficie del suolo. Mostrerò poi come questo non sia vero, e come cotesto solo punto possa dar luogo a studii variati e del tutto nuovi. Le sorgenti d'acqua poi sono talvolta mineralizzate e spesso termali, ovvero termominerali. In questo caso le acque manifestano un'azione chimica e calorifica che esse stesse hanno sotterra subito e prodotto. Tale specialità nelle acque comparisce legata talvolta evidentemente col vulcanismo e talvolta non sembra connessa a siffatta causa. Quindi la circolazione delle acque,

che è fenomeno endogeno d'ordine in sè non vulcanico, non può stimarsi estraneo al medesimo.

Viene da ultimo il magnetismo terrestre, col quale i meteorologisti connettono le aurore boreali. Questo fenomeno non producendo immediatamente effetti geologici, non fu dallo Stoppani annoverato fra i fenomeni della dinamica interna. Ma io, dovendo considerare l'attività geologico-meteorologica endogena, non posso trascurare anche questo elemento. Per riconoscere quanto esso debba essere importante nel caso nostro, basta osservare come quasi non siavi terremoto che vada disgiunto da perturbazioni magnetiche, e non vi sia quasi periodo sismico che non manifesti connessioni con aurore boreali. Anche le eruzioni vulcaniche producono effetti elettro-magnetici. Ma su questo punto, più che sopra osservazioni antiche, troveremo vasto campo di investigazione nei recentissimi studii, dei quali ora espongo il concetto ed il quadro generale.

L'esperienza ha dimostrato che nessuno degli enumerati fenomeni è costante nella medesima forma o forza del suo manifestarsi. Le loro variazioni sono un fatto più o meno noto sopratutto negli effetti e nei prodotti geologici. I quali effetti però, per esser considerati dalla geologia, debbono divenire grandi ed appariscenti; quindi non entrano nelle analisi geologiche che allorquando un parossismo violento, come un'eruzione od un terremoto colla catastrofe momentanea, o l'accumularsi del lavoro con la lenta e diuturna azione dei secoli, lasciarono una vasta impronta dell'opera del dinamismo endogeno. Esaminando alquanto queste variazioni in ciò che l'osservazione ha additato senza gli speciali odierni studii, noi vediamo che tutti i fenomeni endogeni di qualsivoglia serie manifestano variazioni non

solo sotto l'influsso della causa o dell'agente dominante e proprio della specie di ciascuno; ma eziandio sotto l'influenza od almeno in concomitanza del primo fra loro, cioè col terremoto. Sia cotesto causa od effetto del fenomeno, esso è come la febbre nelle malattie degli animali, che accompagna qualunque genere di alterazione morbosa. Niuno ignora infatti come i fenomeni eruttivi siano mai sempre congiunti col terremoto, e come la circolazione delle acque soglia essere da questo stesso agente assai modificata.

Ma oltre il terremoto vi è un fenomeno meteorologico che, indipendentemente dai recenti studii, si è sempre mostrato attivo coi fenomeni endogeni. Esso è la pressione barometrica. Non entrerò qui nella questione dell'influenza della pressione barometrica sui grandi terremoti e sulle violenti eruzioni vulcaniche. Ma è cosa troppo nota e troppo mal contradetta dalla sola teoria di alcuni dotti, che l'apparire della depressione barometrica favorisca l'accrescimento di attività in tutti i fenomeni d'ordine eruttivo.

Posto tutto ciò, viene spontaneo un quesito che è la base della nuova scienza italiana della *meteorologia endogena.* Se le grandi variazioni ed i grandi prodotti dei fenomeni endogeni studiati dalla geologia sono la conseguenza o di grandi manifestazioni sismiche ed eruttive, o l'opera accumulata di molto tempo, egli è naturale supporre che a piccoli terremoti, a piccole eruzioni ed a tempi limitati corrisponderanno piccoli effetti.

Ed inoltre sappiamo noi se il limite di manifestazione in ogni genere dei piccoli fenomeni endogeni stia sempre nell'apprezzabile coi sensi e con istrumenti grossolani, o piuttosto vi sia ancora una seriè di manifestazioni minime ed insensibili? Come esiste in natura un mondo microscopico

potentissimo nei risultati e svariatissimo in ogni genere di attributi, potrebbero esistere grandiosissimi fenomeni interni relativamente microscopici. I quali, qualora divenissero scientificamente apprezzabili, sopratutto congiungendovi il confronto della pressione barometrica e degli altri agenti meteorici e cosmici, aprirebbero certamente la via alla scoperta delle leggi regolatrici; ed in particolar modo ci guiderebbero a conoscere le fasi e forse la natura dei fatti che riproducono la forza endodinamica da Stoppani giudicata come vivente. Quanto sia vero questo concetto e quanto apprezzabili scientificamente le piccole fasi geologico-meteorologiche del dinamismo tellurico, lo mostrano ad evidenza i nostri recenti studii italiani.

Passiamo adunque ora ad esaminare la necessità, il programma e l'ordinamento di cotali studii per poi rivolgerci ad esaminare da vicino sopra ciascuna delle enumerate specie di fenomeni endogeni i dati che ne rivelano la forma del loro manifestarsi con fasi variabili, alle quali compete il titolo nuovo di *fasi geologico-meteorologiche della endodinamica terrestre.*

Intraprenderemo pure una analisi più accurata del principale fra i fenomeni endogeni che è il terremoto, considerandolo isolatamente nelle sue proprietà massime meccaniche le quali non furono, malgrado tanti studii, giammai abbastanza conosciute, sopratutto nelle parti essenziali della sua azione. Tutto ciò occuperà questo primo volume.

Nel seguito dell'opera poi completeremo prima l'analisi del terremoto stesso, considerandolo non più isolato, ma nei suoi gruppi e periodi. Lo esamineremo quindi nelle sue insensibili ma grandissime manifestazioni ora appellate microscopiche. Tratteremo pure delle vicendevoli relazioni dei

fenomeni endogeni fra loro e con gli altri fenomeni atmosferici e cosmici, discutendo i dati fornitici dagli ultimi sei anni di studii regolari fatti in Italia. Formuleremo infine una guida ed un programma per gli osservatori di *Meteorologia endogena.* E sopratutto raccoglieremo la luce fatta in una sintesi che mi auguro possa lasciare nel lettore la persuasione di essere stato in questa opera costruito un nuovo gradino scientifico di veri per salire, come dice Stoppani, più in alto a fissare lo sguardo verso l'ignoto.

CAPO III.

NECESSITÀ DEGLI STUDII STATISTICI DEI FENOMENI GIUSTIFICATA DALL' ERUZIONE VESUVIANA DEL 26 APRILE 1872.

Mi attengo al metodo d'esposizione indicato da principio, secondo il quale procurò di conciliare l'ordine logico con lo storico, nello svolgere la tela della nuova scienza. Ma dando sempre una preferenza all'ordine storico, ed in vista dei concetti ora stabiliti relativamente all' esistenza delle fasi geologico-meteorologiche nei fenomeni endogeni, debbo riferire gli studii ed i tentativi da me fatti per preparare la verifica del mio concetto endo-meteorologico, e disporre i mezzi per svolgerne la ricerca delle leggi.

Egli è chiaro che la raccolta dei fatti, coordinata al nuovo punto di vista, dovea costituire la prima base del novello edificio scientifico. Molti autori hanno partitamente compilato statistiche diverse di fenomeni meteorologici, astronomici e geologici. Ma niuna di queste risponde allo scopo ora prefisso. Imperocchè, oltre al difetto d'essere incompletissime (del qual difetto difficilmente può essere esente qualunque opera di tal genere), essendo però statistiche parziali, sia perchè dedicate ad un fenomeno speciale, sia perchè risguardanti una regione isolata, non possono servire a quello studio complessivo che forma l' oggetto dei

nostri desiderii. Oltre a ciò la materialità del metodo di registrazione dei fatti, la quale influisce moltissimo sullo spontaneo comparire e quasi nascere dei dati, è problema che non vedo tentato dai parziali raccoglitori a me noti dei fenomeni di che ragiono. Io volli adunque, per servire al mio scopo, intraprendere una statistica che corrispondesse all' assioma geologico della continua modificazione, tanto superficiale quanto interna della massa terrestre. Ciò posto io dovea raccogliere la notizia di tutti i fenomeni che potrebbero influire sopra coteste modificazioni. E poichè il tempo e lo spazio, ossia la cronologia dei fatti e la topografia dei medesimi costituiscono due elementi eloquentissimi in una statistica di tal genere, io mirai nel metodo di registrazione ad ottenere lo spontaneo rilievo di questi due fattori. La mia statistica adunque raccoglie i fenomeni tutti che influiscono alla modificazione del globo terraqueo, classificati secondo la data e la topografia. Gli aeroliti e le stelle cadenti, che arrecano sul globo nuova materia cosmica, i venti furiosi che rodono le rocce e ne trasportano i detriti, le inondazioni e le gelate che solcano, sconnettono, trasportano e ricompongono le terre, i franamenti dei monti, le voragini del suolo, i terremoti, le eruzioni vulcaniche, le fasi tutte del pseudo-vulcanismo e tutti i fenomeni che concomitano o si collegano cogli enumerati, disposti e riuniti che siano nel suddetto quadro del tempo e dello spazio; quantunque sieno fatti già noti, si rivestono di luce scientifica assolutamente novella.

Niuno potrà certo contrastarmi nè la novità, nè l'utilità di tale progetto scientifico; ma potrà per altro esso parere ineseguibile per la sua vastità. Riflettasi che una grande impresa è già utile, allorchè sia concepita, organizzata ed

incominciata; il condurla a termine od almeno trarne qualche profitto, sarà còmpito dell'assiduità e del numero dei collaboratori. Un lavoro di questo genere non si compisce da chi lo comincia; e non si deve temere, ma godere, di lasciare ai posteri una pianta annosa da coltivare e da far fruttificare. Ma pure, esaminata da vicino la mia statistica, riesce in pratica abbastanza prontamente meno incompleta di quel che sembra. Si distingua il passato dal tempo nostro contemporaneo. Il passato riuscirà più penoso a rintracciare e meno ricco nei suoi dati; ma per il presente, nell' odierno stato della civiltà nostra, che fornisce mille mezzi di communicazioni e di pubblicità, l'opera non è ardua quanto lo sarebbe stata anche negli ultimi decennii dello stesso nostro secolo. È inutile, io credo, qui riferire il sistema pratico delle mie schede. Dirò di esse soltanto, che essendo ordinate in serie cronologica, corrispondono facilmente anche alla distribuzione topografica; e le notizie che esse contengono, si trasfondono con sistema grafico geometrico in quadri sinottici, sui quali si studiano facilmente i gruppi, i periodi, le relazioni mutue dei fenomeni modificanti la massa terrestre.

Cosiffatta statistica io intrapresi nell' ottobre 1871; ed è già una massa spaventosa di migliaia e migliaia di schede, fra le quali il solo buon ordine, come in un vasto archivio, rende agevolissimo il rinvenire qualsivoglia notizia.

Sembrami far cosa grata al lettore riferendo, quasi come giustificazione di quanto ho fin qui asserito, un saggio dei primi risultati da me ottenuti con questa statistica. Poco dopo che io l'avea intrapresa, avvenne la grande conflagrazione vesuviana del 1872. Tutti gli occhi dei dotti e dei curiosi furono rivolti sul Vesuvio; i miei però, preoccupati

dalle ricerche della endo-meteorologia, furono più che mai intenti a raccogliere la luce dai fenomeni concomitanti quell'eruzione fuori del suo teatro, e non solo nel tempo stesso dell'incendio vesuviano, ma eziandio prima e dopo del medesimo [1].

Avvennero allora terremoti a Genova e nell'Alta Italia, e anche fino al di là delle Alpi; i giornali descrissero i fenomeni dell'Etna ed i terremoti avvenuti in Sicilia e nelle Calabrie. Nell'Italia centrale il giorno 15 e poscia il 21 aprile 1872 fu avvertito il terremoto a Tivoli. La notte del 24 aprile, cioè nel principio stesso della eruzione vesuviana, tremò fortemente e di fremito continuo il cratere centrale del sistema vulcanico laziale, cioè i campi d'Annibale; e le scosse furono assai sensibili al monte Cavo ed a Rocca di Papa; non essendo state punto avvertite in veruno degli altri circostanti paesi. Il giorno poi 25 ovvero 26, nella pianura fra Rocca di Papa e Frascati fu sentito dai lavoranti un tremendo colpo od urto sotterraneo che produsse un violento e locale terremoto; il quale intimorì talmente i predetti lavoranti, che quasi istintivamente si appresero agli alberi circostanti. Ma questo terremoto fu sommamente limitato e non fu punto sentito in altri luoghi. Circa i medesimi giorni sembra essere avvenuto un terremoto accompagnato da rombi presso uno dei crateri del sistema vulcanico cimino, il lago di Vico. La scossa parve massimamente sensibile nel monte Fogliano, incutendo qualche timore nel circondario. L'incredulità di taluno avendo git-

[1] Riassumo in breve ciò che estesamente pubblicai in una Memoria intitolata: *Intorno ai fenomeni concomitanti l'ultima eruzione vesuviana*. Vedi *Atti della Pontif. Accad. de' Nuovi Lincei*, tomo XXV, pag. 378.

tato il ridicolo sopra un fatto d'altronde naturalissimo, fu cagione di dubbio sulla veracità della relazione.

Checchè sia di questo terremoto di Fogliano, altri fenomeni bene accertati coincidono coll'eruzione vesuviana. Il lago ove sorgono le acque Albule presso Tivoli e Monticelli, in sul finire di aprile diede segni manifesti di turbata ed accresciuta attività nella emissione delle sue acque solforose e nello svolgimento dei suoi gas. Il calore delle acque era aumentato, il colore era più biancastro del solito, il puzzo era sensibile a maggior lontananza dell'ordinario. Inoltre, chi era uso bagnarsi per circa trenta minuti, in quei giorni non potè trattenervisi oltre i dieci minuti per effetto del grande svolgimento di gas asfissiante che gli toglieva la respirazione.

Nei giorni medesimi, in una sorgente copiosa tra Anagni e Ferentino, detta la *Fontana delle Monache*, mentre eranvi molte donne a lavare, improvvisamente le acque divennero torbide e limacciose fino al punto di dover abbandonare il lavoro.

Appena cessata l'eruzione vesuviana, un piccolo terremoto visitò l'Umbria.

Volendo poi gittare anche uno sguardo indietro verso i mesi prima dell'eruzione vesuviana e verso l'anno antecedente per registrare altri fatti, trovai numerose analoghe coincidenze, riferendo le quali troppo dilungherei un'arida enumerazione di scosse. Riferisco invece l'esame che allora feci dei fatti narrati unitamente a tutti gli altri che conobbi per il tempo dell'eruzione vesuviana e per i due anni prossimamente precedenti per applicarli ad indagini geologico-meteorologiche.

È cosa già nota nella geologia italiana la concatenazione topografica fra loro dei varii sistemi vulcanici attivi, spenti

e semispenti. Questi vulcani sono allineati tanto dalla parte del Mediterraneo che dalla parte dell'Adriatico lungo due fratture parallele al sollevamento appennino. Ma non sono abbastanza note le proporzioni ed i limiti dei singoli sistemi, nè il grado di loro tranquillità od attività, nè sopratutto il modo d'esistere attuale di tutto insieme il vulcanismo italiano considerato come tutto uno. La legge scoperta dal Gemellaro sull'Etna e confermata dal De Buck sopra altri vulcani, che cioè attorno al centro d'ogni sistema esiste una stella di fratture a raggi concentrici, sulla quale sorgono i crateri varii del vulcano; questa legge, dico, non è stata ancora da veruno applicata ai vulcani dell'Italia centrale. Tale studio da me iniziato sul Lazio e sui Monti Cimini, del quale poi verrà il luogo di trattare distesamente in questa opera, mi vien dimostrando come tutte le sorgenti termali e le solfatare dei nostri contorni sono situate lungo i raggi predetti, e pendono dall'uno o dall'altro dei sistemi nostri vulcanici. Così pure i crateri spenti o semispenti che conosciamo più o meno internati fra i monti di sollevamento nell'Umbria, nel Lazio, nel paese degli Ernici, sono situati sulle medesime fratture vulcaniche che s'internano ed incrociano colle montuose più antiche. Ciò posto, mi avveggo che come nei vulcani attivi l'azione eruttiva si determina ora sopra una, ora sopra l'altra delle fratture, aprendo o sempre nuovi crateri o nuove sorgenti allo scolo delle lave, così i semplici terremoti urtano e scuotono ora una ora l'altra delle fratture dei vulcani spenti. Ed allorchè nei vulcani attivi l'azione eruttiva compromette assai l'intiero sistema e si gitta specialmente nella linea percorsa dalla frattura principale, che unisce e collega tutto il vulcanismo italiano; allora più facilmente i terremoti ed i

rombi si fanno sentire lungo tutta la zona vulcanica della penisola. Tale fu la vicenda subita nell' eruzione del 1872. Allorchè colle prime notizie del vasto incendio io sentii aprirsi il Vesuvio nella direzione settentrionale, predissi la concomitanza di terremoti ed altri fenomeni in tutta l'Italia. Infatti i terremoti laziali sono avvenuti ai campi d'Annibale ed a Squarciarelli, non in altri punti perchè quei luoghi si trovano nella direzione della linea di legamento generale, ed i campi d'Annibale sono il cratere centrale di tutto il sistema. Il lago di Vico è esso pure nel centro del sistema Cimino. Ed i terremoti di Genova, non che quelli delle Calabrie e della Sicilia, dimostrano come veramente l' intera linea di congiungimento di tutto il vulcanismo italiano mediterraneo fosse compromessa nell' attuale parossismo. Questo fatto abbastanza chiaro della causa unica ed identica di tutti i terremoti italiani del fine di aprile dello stesso anno 1872, ci rivela un altro dato che poteva finora essere soltanto un sospetto, non una certezza. L' Appennino s' innesta quasi o si perde nelle Alpi in Piemonte nella valle di Cuneo. Ma la sua frattura sotterranea, e direi quasi le sue radici oltrepassano quel punto, e traversando le Alpi esistono al di là delle medesime. I terremoti del 26 aprile 1872 lo hanno dimostrato evidentemente come l' aveano già accennato altri terremoti più antichi. Il terremoto avvenuto a Genova ed insieme a Cuneo, Pinerolo, Mondovì, Moncalieri, Barcellonette e Barge, non è stato altro che la ripetizione di molti altri avvenuti in altri tempi nella medesima linea, l'ultimo dei quali fu da me segnalato ai 17 di giugno del 1868 [1], quando un terremoto fu sentito contempora-

[1] V. *La Gazzetta di Genova*, 1 luglio 1878. Lettera sul terremoto di Altorf, Siena e Castel Gandolfo, avvenuto ai 17 giugno 1868.

neamente ad Altorf, Siena e Castel Gandolfo nel Lazio. Ecco adunque un altro insegnamento datoci dai fenomeni concomitanti l'ultimo incendio vesuviano, la prolungazione cioè della nostra frattura vulcanica, fino nel cuore delle Alpi.

Finalmente, a dimostrare quali sieno le relazioni che passano fra i varii sistemi vulcanici italiani nello stato odierno, basta gittare un' occhiata sulla statistica dei fenomeni avvenuti anche solo nell' ultimo biennio antecedente l'eruzione vesuviana [1]. Da questa statistica apparisce che i terremoti avvengono quasi contemporaneamente od almeno in giorni prossimi fra loro in punti varii della catena vulcanica; spesso percuotono di preferenza un punto speciale; ed il più delle volte finiscono coll'avvenire un'eruzione più o meno notabile nel Vesuvio o nell'Etna. Sembra adunque che l' attività vulcanica di tutta la linea, presentandosi ai varii suoi antichi sbocchi, trovi resistenza negli ostruiti crateri spenti, e si sfoghi dove trova facile un esito. Da ciò apparisce quanto importante sarebbe e di quanto utile insegnamento l'avere molti apparati sismografici situati su tutti i crateri delle nostre colline, ed avere un registro statistico della temperatura, quantità e qualità dei gas e delle acque emesse dalle nostre sorgenti termali e dalle solfatare. Da ultimo poi faccio osservare come questi studii statistici e comparativi ci mettano sulla via di ben verificare le opinioni dello Stoppani, ed illuminare definitivamente il grande problema vulcanico; di determinare cioè se il vulcanismo ha la sua sorgente soltanto entro alcune cavità isolate della crosta terrestre, o se esso è l'odierna mani-

[1] Non riferisco tale statistica che fu da me pubblicata nella citata memoria.

festazione del calore centrale e di un' attività tellurica generale. Alla quale seconda ipotesi i fatti esposti si accorderebbero assai meglio che alla prima.

Questo primo saggio, quantunque non abbia importanza straordinaria, ho voluto riferirlo perchè è connesso ad un fenomeno vesuviano che rimarrà celebre negli annali delle eruzioni; e per mostrare che senza la mia raccolta sistematica statistica quegli interessantissimi fenomeni concomitanti sarebbero stati perduti per la scienza. Molto più proficue e luminose furono le analisi che potei istituire sulla serie dei fenomeni avvenuti nell' anno seguente 1873. Ma queste analisi riferirò al loro posto, ove la logica del ragionamento li richiamerà; ed ora seguendo, dirò così, la parte descrittiva dello svolgimento degli studii continuerò ad esporre la organizzazione e lo estendersi della corrispondenza e della pubblicità per la raccolta dei fatti da me iniziata.

CAPO IV.

STORIA E PROGRAMMA DEI NUOVI STUDII ITALIANI DAL 1873 AL 1878.

Il moltiplicarsi nell'anno 1873 dei terremoti, fece sorgere da mille lati due interrogazioni: la prima, se questa moltiplicazione fosse soltanto apparente e consistesse nell' attenzione maggiore che vi si faceva da un certo numero di cultori di questo studio, i quali ne andavano in traccia; ovvero se propriamente la terra italiana fosse entrata in un periodo straordinario di scuotimenti.

Altra domanda generale che faceva il pubblico colto agli scienziati, era se questi terremoti fossero prodotti dalla attività del vulcanismo ardente nel mezzogiorno d' Italia, ovvero provenisse da altre cause indipendenti dal vulcanismo meno conosciute. Tanto l'una quanto l'altra domanda equivaleva, a mio credere, alla proposizione del seguente problema: Qual' è l' odierno stato del vulcanismo italiano; quale la sua parte ed importanza fra le forze telluriche, e quale fu lo stato di queste forze negli anni e nei secoli trascorsi?

A questa domanda la scienza non ha una risposta categorica da fare; essa possiede molte osservazioni e molte opinioni anche fra loro contrarie. Ogni eruzione dei grandi vulcani è diligentemente descritta e studiata; ogni grande

terremoto suole essere esaminato sul luogo; ma malgrado tutto ciò, nulla si conosce delle leggi che dominano in questi fenomeni; e si può dire perciò che la scienza delle forze endogene della terra è ancora un desiderio. Ma con questa scoraggiante sentenza io non intendo negare il valore degli studii e delle scoperte fatte da moltissimi illustri scienziati nelle singole occasioni e nei singoli argomenti, che hanno impreso ad analizzare ed illustrare. Molte verità scientifiche e molti dati importanti furono più o meno sicuramente stabiliti; ma, come ho detto, essi furono il risultato di studii isolati ed eccezionali, non la conseguenza di continuate e pazienti osservazioni di ogni genere di fenomeno proveniente dall' interno della terra.

Nell' indagare l' attività interna ed odierna del globo terraqueo, occorre dapprima con lo Stoppani por mente che essa non si manifesta soltanto nelle eruzioni, nei terremoti e nei vulcani attivi, ma eziandio comparisce largamente sulla intiera superficie terrestre per mezzo dei fenomeni detti endogeni, tanto fissi, circoscritti e continui, come per esempio le sorgenti termali e minerali; quanto mobili, vasti e momentanei, come appunto le eruzioni ed i terremoti. Il complesso adunque di questi fenomeni unitamente ai loro effetti, secondo che abbiamo già visto, costituiscono la manifestazione d'una grande parte delle odierne forze telluriche, sulle quali tutte dobbiamo fissare il nostro studio.

E prendendo esempio dalla meteorologia, noi troviamo che il suo studio, quantunque coltivato dai fisici dei passati secoli, non divenne scienza finchè non si moltiplicarono, organizzarono e coordinarono le osservazioni. Così la scienza delle forze endogene della terra non ordirà la sua prima trama finchè, con un simile ordinamento, essa non potrà

abbracciare sopra vasta scala l'analisi e la sintesi dei fenomeni che debbono svelarne le leggi.

Niuna regione dell'Europa è ricca di fenomeni endogeni, sia momentanei, sia continui, quanto la nostra Italia, dove oltre i tre sistemi vulcanici tuttora attivi: l'Etna, il Vesuvio e le isole di Lipari, esistono a centinaia e centinaia le salse, le solfatare, le mofete, le acque termali e minerali, le sorgenti di petrolio, di gas, ecc. Inoltre tutti sanno quanto la nostra penisola sia frequentemente agitata dai terremoti, ed in alcuni punti dalle lente oscillazioni di suolo sensibili in riva al mare. Fuori dell'Europa nell' Oriente e sopratutto nell'America, i fenomeni endogeni spiegano anche oggidì tale attività, che sopra ogni altra parte del globo esse meriterebbero studio ed osservazione continua. Ma le condizioni dei luoghi in parte deserti, in parte poco civili e sopratutto la mancanza di osservatori idonei, fanno ostacolo per ora al soddisfacimento del desiderio della scienza. Niuna regione adunque quanto la nostra penisola, che è tutta abitata e civile, trovasi atta ad esser soggetto di ordinati studii e di osservazioni, tanto per le variazioni dei fenomeni fissi, quanto per le indagini de' temporanei anche di minima entità. Finchè una cosiffatta organizzazione di studio non sia completamente attivata e continuata per qualche tempo, la scienza non sarà in grado di svelare le leggi delle misteriose forze interne della terra.

Della verità di questa mia opinione e della certezza del buon risultato che saremo per raccogliere dall'ordinamento predetto di minute indagini, abbiamo un saggio ed un'arra negli accurati studii già iniziati non solo da me, ma eziandio da parecchi altri cultori della fisica terrestre. Questi hanno cominciato a scoprire nuovi ed inaspettati fenomeni che

meritano speciale attenzione. E qui nell' enumerare cotesti studii, per non parere di mancare verso i molti dotti italiani e stranieri che si occuparono con grande frutto dello studio del vulcanismo, credo doveroso specificare che intendo far qui menzione soltanto degli studii procedenti per osservazioni continue, ossia in somma di studii statistici.

Il Palmieri, che fra noi fu il primo ad occuparsi assiduamente di sismologia in una speciale regione col suo osservatorio e coi delicati suoi istrumenti collocati sul Vesuvio, non che coll'assidua osservazione delle fasi di quel vulcano, ci fornisce da circa un ventennio una buona sorgente di dati che sarebbero assai più preziosi se fossero confrontati con simili osservazioni di altri luoghi.

Fra i cultori più antichi della sismologia italiana debbo ricordare il prof. Domenico Ragona, direttore dell'Osservatorio meteorologico di Modena, il quale inventò anche un sismografo assai pregevole ed elettrico nella registrazione, già da parecchi anni. Molti poi da varie città d' Italia, e massime da Roma la signora Caterina Scarpellini, solevano trasmettere all' illustre dott. Alexis Perrey le notizie dei terremoti, che questi poi registrava nei suoi voluminosi cataloghi sismici, dei quali tra breve parlerò. Ma tutto ciò che erasi fatto quasi istintivamente prima del 1871 è un nulla in confronto di ciò che venivasi svolgendo dopo questa data. Nel precedente capitolo ho riferito ciò che io intrapresi. Quasi in pari tempo però anche il Bertelli in Firenze ed il Monte a Livorno, giornalmente osservavano fin dal 1872 i loro sismografi; e registravano i terremoti leggerissimi, i quali il più delle volte non erano avvertiti neppure dai fisici.

Il Denza da Moncalieri sorvegliava assiduamente intorno

alla stessa epoca i fenomeni delle Alpi; e dalle numerose stazioni meteorologiche da esso fondate raccoglieva minute notizie dei piccoli terremoti. Istrumenti sismografici più o meno acconci all' uopo moltiplicavansi negli Osservatorii taliani. E fra i direttori di questi Osservatorii meteorologici meritano speciale menzione per l'assiduità loro agli studii sismici, cui diedero opera nel 1873, il ch. prof. A. Serpieri in Urbino, il ch. prof. D. Ignazio Galli in Velletri, il ch. prof. G. Bellucci in Perugia e il ch. dott. D. Conti a Cosenza. A questi dotti aggiunse l' opera sua utilissima il signor Demetrio Lorenzini, farmacista di Porretta. Questi, essendo amatore degli studii di ogni genere, si era fatto diligente osservatore dei terremoti che spesso agitano il suólo appennino della regione bolognese; e non mancava giammai in quelle occasioni di esaminare il livello dell'acqua nel pozzo del suo laboratorio chimico. Esso trovava mai sempre alterato questo livello ad ogni scossa di terremoto. Nè strano era il fenomeno, perchè mille volte osservato nei grandi terremoti, dei quali sappiamo aver talvolta asciugato, talvolta accresciuto, talvolta intorbidato, colorito, mineralizzato l' acqua dei pozzi. Ciò vedendo, io pensai consigliare al Lorenzini di intraprendere una serie di osservazioni giornaliere indipendentemente dai terremoti, per vedere se solo all' apparire di essi avvenissero variazioni di livello; e se le variazioni ordinarie fossero collegate col regime generale delle acque sorgenti in ragione delle stagioni. Intraprese assai volontieri le osservazioni dal Lorenzini, ne risultò una nuova fonte di indagini, perchè il livello del pozzo mutava giornalmente senza relazione veruna colle piene e colle magre delle sorgenti, ma solo con qualche rapporto coi periodi sismici.

Dopo questi primi risultati, il Lorenzini continuò le osservazioni che regolarmente mi trasmise. Da queste osservazioni appariva ad evidenza, che non la legge dell'affluire le acque a seconda delle stagioni, ma altra misteriosa cagione faceva salire e scendere stranamente l'acqua di questo sensibile pozzo. Quindi occorreva che altri osservatori moltiplicassero una simile ricerca in varie parti d'Italia, perchè al certo ne risulterebbe qualche dato assai importante. Ciò infatti avvenne dopo il 1873, come si dirà al suo luogo.

Ma fra gli studii regolari recentemente intrapresi intorno alla sismica terrestre e che ho già citato, vè ne sono taluni che meritano speciale e più particolareggiata descrizione e discussione, onde mostrarne il merito insieme e la differenza del programma da me stabilito.

Il Perrey da circa trent' anni, con indefessa pazienza, raccoglie le notizie dei terremoti tanto antichi che contemporanei, e ne viene redigendo copiosi annui cataloghi, i quali sono pubblicati dall' Accademia reale di Bruxelles. Questo eminente raccoglitore, immerso nell' immensa massa del materiale raccolto, non pose mano finora ad ordinare la sua statistica per dedurne abbondanti conseguenze scientifiche. Alcuni dati egli ricavò sulle ore e sulle stagioni dei terremoti. Havvi una legge, che esso sostiene emergere sicuramente dalla sua raccolta sismica: ed è che i terremoti seguono le fasi della luna e si aggruppano attorno ad esse. Quindi ne deduce dover provenire i terremoti da interne maree dei fluidi sotterranei del globo.

Il Bertelli, senza discutere le idee del Perrey, spinse più avanti le sue indagini; e raccolte molte notizie istoriche sopra osservazioni fatte fin dal secolo XVII sui moti spon-

tanei dei pendoli, continuando anche esso simili esperimenti, intravide una legge di continua oscillazione del suolo simile alla barometrica dell' aria, anzi con la barometrica congiunta. Questi suoi studii consegnò in una Memoria intitolata: « *Appunti storici intorno alle ricerche dei piccoli e spontanei moti dei pendoli fatte dal secolo XVII in poi, in relazione ai moti microsismici.* »

L' autore ivi dimostra che fin dal secolo XVII i diligenti osservatori si avvidero della somma facilità colla quale i pendoli, massime leggieri, oscillano menomamente quando sembrano tranquilli. Dimostra eziandio che i medesimi pure si avvidero dell' altro fenomeno punto non raro, cioè dello spostamento della verticale dei pendoli. Da quel secolo fino a noi vi furono mai sempre cultori ed osservatori di questo singolare duplice fenomeno, fra i quali i contemporanei sono il D'Abbadie ed il Poëy in Francia, ed il Parnisetti d'Alessandria in Italia, e qualche altro. Il Bertelli attribuisce questo fenomeno all' azione baro-sismica delle forti variazioni di pressione atmosferica; perchè dopo assai numerose osservazioni fatte per tre anni, esso vide che niun forte abbassamento barometrico era avvenuto senza essere immediatamente preceduto, accompagnato o seguito da notevoli moti microsismici; però oltre questi ve ne sono altri irregolari e spesso assai considerevoli ed istantanei, che avvengono anche sotto alte pressioni. Per distinguerli il Bertelli chiamò i primi *baro-sismici* ed i secondi *vulcano-sismici;* ed opina che si debba rintracciare la causa sia dei moti microsismici, sia delle deviazioni dalla verticale, nell'azione o simultanea o separata del vulcanismo e della pressione atmosferica. Aggiunge però che in questo genere di delicatissime esperienze si richiedono speciali cautele

nella costruzione, collocazione e nell' uso degli istrumenti, a ciò da esso chiamati *tromometri*, costruiti dipoi con quelle modificazioni e perfezionamenti che l' esperienza suggerì.

Ma le idee del Bertelli non furono accettate da un altro studioso sismologo italiano, cioè dal prof. Pietro Monte di Livorno. Questi, occupandosi anche esso di esaminare i piccoli moti dei pendoli, volle attribuirli ad altre cause diverse dal terremoto. Sorta la discussione si accrebbe lo studio, nel quale anch' io presi parte; e senza più dilungarmi in questa prima rassegna dello stato dei nostri studii nel 1873, debbo dire soltanto che la microsismologia nata per opera del Bertelli, contradetta dal Monte, discussa e sperimentata dal Malvasia, da me e da altri, divenne poi in questi ultimi anni talmente vasto campo di ricerche, che dovrò dedicare a lei sola un intiero libro di questa mia opera.

Gli stessi già iniziati studii regolari e continui, dei quali ho fin qui ragionato, non toccano tutte le parti del vasto campo delle ricerche necessarie. Esse si aggirano soltanto intorno all'argomento della sismica terrestre. Ho notato di sopra che le fasi dei vulcani e sopratutto delle piccole manifestazioni delle forze endogene, come sono le solfatare, le mofete e le sorgenti termali e minerali, formano un vasto campo che indispensabilmente deve essere coltivato da regolari osservazioni. In questo ramo, se si tolgano le osservazioni del Palmieri al Vesuvio ed alquante poche del Silvestri sull' Etna, nulla si è fatto finora. E qui ripeto ciò che sopra ho detto: che intendo parlare di osservazioni regolari e continue sulle fasi e sulle variazioni di questi piccoli centri di attività interna, non già di studii d'altro genere,

che possono farsi nei medesimi luoghi. Certamente la massima parte delle acque minerali furono analizzate chimicamente più volte, e ne furono notate le qualità medicinali. In un numero più ristretto di luoghi, si fecero eziandio ricerche geologiche e mineralogiche. In qualche punto fu anche notato genericamente avvenire delle variazioni, sia nella copia, sia nella qualità dei prodotti. Ma di niuno dei predetti centri di attività abbiamo una serie di osservazioni di qualche precisione e durata di tempo. Dietro il mio impulso, appunto nel 1873, taluno in qualche luogo incominciò le indagini; e fra questi voglio citare il prof. Can. Medichini di Viterbo, il quale imprese a seguire le fasi del celebre *Bulicame* ivi esistente. Le osservazioni del Medichini furono infatti subito coronate da felice successo. Imperocchè in pochi mesi, oltre a varie osservazioni sulla temperatura e sulla quantità delle acque e sui gas che esse emettono, ha potuto registrare e vedere più volte copiose eruzioni gassose di non lieve importanza.

Una eruzione fangosa fu pure sorpresa nella salsa di Nirano presso Modena dal signor dott. F. Coppi, che vi si portava per secondare i miei studii. Intanto senza esservi concerto veruno fra noi, cominciava anche il prof. Sebastiano De Luca a registrare nella solfatara di Pozzuoli la temperatura e la quantità dell'acqua raccolta nel pozzo del cratere.

Da queste notizie chiara apparisce la ubertosità del campo impreso a coltivare, e l'abbandono nel quale esso fu fino al 1873. Ma da quell'anno cessò l'incuria, e si cominciarono non poche osservazioni; e giova sperare che nell'avvenire prospererà anche questo, come tutti gli altri rami della scienza.

Nel detto anno 1873, collegandomi con parecchi fra i sopra mentovati cultori di questa scienza, riuscii a moltiplicare di molto in Italia, come in parte ho già detto, gli amatori di questi studii; i quali amatori divennero diligenti osservatori dei fenomeni diversi e sopratutto delle variazioni che avvengono nei luoghi ove risiedono i centri fissi delle manifestazioni endogene. Da tale moltiplicazione di osservatori cominciò una corrispondenza attivissima e ricca di nuovi elementi per la nascente scienza. Non tacerò da ultimo che anche dalle indicate mie ricerche storiche sui fenomeni si è raccolta una messe ricchissima di dati, i quali accresceranno non poco il tesoro del proposto studio. Ma tanto per raccogliere ed ordinare il già fatto, come per dare impulso e pronta pubblicità alle ricerche nuove, era necessaria la compilazione di un Bullettino, quale appunto io intrapresi nel seguente anno 1874, e che chiamai con vocabolo forse almeno per ora non del tutto esattamente scientifico, ma volgarmente adottato, del *Vulcanismo italiano.*

Io considero l'impianto di questo bullettino come un vero passo importante per la nuova scienza. Poichè se è un acquisto scientifico un istrumento diretto ad indagare un fenomeno, altrettanto lo sarà un mezzo ed un' organizzazione per la pubblicità e l'ordinamento dei dati e degli studii. Quindi stimo esser pregio dell'opera il riferire qui parte nel testo e parte in nota il programma del mio bullettino, che è insieme il programma de' miei studii dal 1874 in poi.

Ecco adunque la esposizione della materia e l'ordine degli argomenti, contenuti nel detto bullettino.

Avverto, che al titolo predetto aggiunsi le parole *Periodico geologico ed archeologico per la osservazione e la storia dei fenomeni endogeni nel suolo d'Italia.* Questa seconda

parte del titolo contiene le due grandi divisioni della materia; la quale dalle cose sopra dette è chiaro riferirsi a due campi del tutto separati e distinti, quali sono lo studio dei fenomeni contemporanei e le ricerche istoriche delle fasi già passate dal suolo italiano. E qui parrà a taluno superfluo l'aver posto nel titolo gli epiteti, *geologico* ed *archeologico;* mentre desso sia nella parte relativa ai fenomeni contemporanei, sia nella parte spettante alle ricerche storiche, avrà mai sempre in mira l'esame dei fatti geologici. Quantunque sia verissimo, che lo scopo principale del mio periodico è fisico e geologico, pure è da riflettere, che esso ha per soggetto un suolo eminentemente archeologico e monumentale; e riguarda un' epoca geologica (l'epoca del vulcanismo) la quale ha percorso una parte notabile dei suoi periodi contemporaneamente alle vicende dei popoli, che hanno abitato il nostro classico paese. Oltre a ciò l'esperienza mi insegna, e lo svolgimento degli studii verrà vieppiù dimostrando di giorno in giorno, che queste parti dei periodi vulcanici non furono contemporanee soltanto colle primitive dimore dei popoli, che diciamo preistoriche; ma penetrarono eziandio nei tempi della vera storia, forse in più luoghi dell'Italia. Non occorre ricordare le notissime relazioni del Vesuvio e dei vulcani Flegrei coi tempi della stessa êra nostra volgare: le quali relazioni pure potranno esser meglio studiate e precisate nei loro particolari. I fatti di Pompei del 79 ed altri posteriori ci mostrano la niuna inverosimiglianza, anzi la probabilità grandissima di altri fatti simili in epoche anteriori ed in altri punti della nostra penisola. Gli studii di Petit-Radel sulle cause fisiche (vulcaniche), le quali disturbarono le dimore degli aborigeni, e che tanto influirono sulle loro vi-

cende politiche, dimostrano come in quei tempi remoti sì, ma semistorici, dovea intrecciarsi la storia del vulcanismo con quella dell'uomo. Da ultimo le scoperte notissime, alle quali ho io tanto contribuito, di stoviglie e di bronzi sotto gli strati vulcanici del sistema laziale, ossia la Pompei latina da me illustrata, mostra un fatto, nel quale i monumenti stessi ed i manufatti si presentano come i fossili negli strati del vulcanismo. Ecco la ragione per la quale il bullettino vulcanico italiano è essenzialmente archeologico; i fossili del nostro terreno vulcanico sono, assai più che non si crede, i monumenti degli avanzi della storia dei popoli italiani. Quindi come la geologia dei terreni sedimentari è una geologia necessariamente paleontologica per i fossili organici che essa contiene; così la geologia del terreno vulcanico italiano è naturalmente archeologica per i fossili monumentali, che conserva fra i suoi depositi.

Ma mostrando la necessità del concorso dell'archeologia e l'entrare nel mio bullettino molta materia monumentale, non ho inteso modificarne lo scopo del tutto geologico. Le intime relazioni però delle due materie nel caso nostro rendono il bullettino non meno utile alle ricerche degli archeologi, che ai cultori di studii puramente geologici, ed in particolare alle ricerche dell'odierna fisica terrestre [1].

[1] Suppongo far cosa grata ai lettori riferendo in questa nota come la materia viene distribuita nelle sezioni diverse del mio bullettino.

Il primo articolo è destinato a svolgere la sintesi delle osservazioni in corso; ossia rappresenta il progresso della scienza. In questi articoli vorrei talvolta dare la descrizione e la storia fisica coi relativi cenni archeologici dei luoghi, ove esistono le tante manifestazioni di forze endogene, di che sopra ho ragionato; grandissima parte dei quali è quasi ignota al mondo scientifico geologico; perchè, come ab-

Ognuno vede chiaramente, che il bullettino del vulcanismo italiano, redatto al punto di vista geologico ed archeologico, era un bisogno per la scienza ed un vuoto fra le pubblicazioni speciali e proprie massime dell'Italia. E la mia fatica è stata ben compensata dal largo frutto scientifico raccolto, e dalla coscienza d'aver suscitato ed organizzato una schiera di osservatori dei fenomeni endogeni in Italia. Nel bullettino si è formato un centro comune, che raccoglie le forze di tutti e ne fa conoscere ordinatamente in un sol corpo i lavori. Mancando prima questo centro speciale di attrazione insieme e di irraggiamento della attività necessaria ne seguiva che non in tutta la penisola fossero disseminati gli osservatori. Perciò molti luoghi, dove proficui studii sarebbero stati da organizzare, trovavansi involontariamente abbandonati dalla scienza. L'appello fatto per mezzo del

biamo sopra veduto la massima parte di quei luoghi fu finora soggetto soltanto di studii mineralogici, chimici e medicinali.

In secondo luogo viene la bibliografia relativa alla materia, corredata di semplicissimi sunti delle conclusioni, senza critiche nè elogi; essendo mio scopo unico quello di divulgare i fatti osservati e gli studii sui medesimi. Non manco peraltro di corredare queste piccole riviste di annotazioni, quante volte mi venga fatto di aver materia da aggiungere alla trattata dai singoli autori.

Viene in terzo luogo, sotto forma di notizie, la pubblicazione testuale della corrispondenza per la pronta registrazione e descrizione dei fenomeni. Anche alla corrispondenza aggiungo note, dove cade l'opportunità di chiarire ed illustrare un qualche dato.

Un'altra parte è dedicata agli specchi sinottici in ordine cronologico dei fenomeni; i quali specchi contengono tutti i dati utili ai paragoni scientifici, come per esempio, le fasi della Luna, le pressioni barometriche ed altri dati, che l'esperienza mostra essere opportuni a chiamare in confronto.

Da ultimo faccio luogo alle ricerche storiche colla pubblicazione sia

bullettino ha servito da scintilla a suscitare il gusto della osservazione dove mancava. Così già nel solo primo anno ebbi il piacere di veder sorgere qua e là cultori dei nuovi studii, impiantare istrumenti sismografici in moltissime regioni, porre mano a rovistare gli archivii e le biblioteche, per riconquistare fra le neglette memorie notizie dei fenomeni, che avvennero nelle varie parti della penisola; e finalmente in parecchi luoghi sorgere, direi quasi, degli osservatorii per la nuova scienza della meteorologia tellurica.

Compiuto il primo triennio, il bullettino entrò nella fase del suo pieno svolgimento; perchè nel detto triennio era riuscito a fondare una quasi società o nuova scuola per gli studii di vulcanologia; e costituirne un ramo speciale e complementare della meteorologia esterna. Organizzando lo stu-

di fatti geologico-monumentali nuovamente rinvenuti, sia di memorie diverse ritrovate nei manoscritti inediti, sia riproducendo cose dimenticate dai dotti.

Sotto forma poi di *Miscellanea di piccole notizie, avvisi ed osservazioni* faccio luogo ad una somma varietà e moltiplicità di cose interessanti per la materia del bullettino dando principalmente notizia dei nuovi impianti di osservatorii di metereologia endogena.

Sarà poi utile l'aggiungere che in conseguenza dell'essersi assai accresciuto anche all' estero il numero dei cultori della nuova scienza italiana, cominciando dal 1879 il mio bullettino accetterà e pubblicherà promiscuamente le corrispondenze in lingua tanto italiana quanto francese, e sarà corredato in principio di ciascuna dispensa d' un piccolo sommario ragionato in lingua francese della materia contenuta nel fascicolo. Oltre a ciò onde agevolare vieppiù la intelligenza della materia per gli stranieri procurerò di dare la maggiore estensione possibile al linguaggio scientifico internazionale delle tavole numeriche e delle curve grafiche delle osservazioni.

dio delle forze endogene in un sistema di osservazioni continue, oltre che si trova di aver imitato il sistema meteorologico, che è riuscito tanto utile al progresso di quella scienza, ha anche del tutto trasformato il metodo delle ricerche scientifiche sulle manifestazioni della dinamica interna tellurica. Alla quale per tutto ciò che abbiamo già considerato francamente si può già dare il titolo di *Meteorologia endogena*. Infatti negli studii già pubblicati sonosi anche vieppiù resi manifesti i vincoli con la meteorologia esteriore; e vieppiù parimente si è fatto evidente, che le commozioni sismiche nè sono il fenomeno se non principale, almeno il più manifestamente e continuamente attivo; come nella meteorologia esterna le variazioni della pressione atmosferica. Ed è questa una ragione di più per farla e col nome e col metodo sorella della meteorologia atmosferica.

Avendo riferito sull'origine, sullo scopo e sulla vita del mio bullettino, che cominciò a veder la luce nel 1874, debbo render conto di un' altra assai lodevole istituzione scientifica fatta in Italia nello stesso anno per la meteorologia endogena, la quale dovrebbe essere imitata anche dalle straniere nazioni. Devesi l'iniziativa di cotesta istituzione al già nominato P. Alessandro Serpieri. Questi avendo pubblicato i suoi pregevolissimi studii sul terremoto del 12 marzo 1873, fermò di molto l'attenzione sui fenomeni elettrici, che l'accompagnarono e che furono osservati in qualche stazione telegrafica. Laonde concepì l'idea, che con apposito regolamento gli uffici telegrafici potrebbero essere improvvisamente trasformati in osservatorii sismici ad occasione dei terremoti. Il progetto del Serpieri fu bene accolto dalla direzione dei telegrafi; ed immediatamente con

una circolare fu organizzato il servizio immaginato dal Serpieri; il quale infatti ha già più volte arrecato i suoi frutti nel tempo successivo, come dovremo esaminare al suo luogo [1].

Anche il conte Malvasia con una ben intesa circolare a tutti i Sindaci ed ai Parroci del Circondario di Bologna, tanto facilmente travagliato dal terremoto, si è adoperato ad organizzare direi così un servizio di corrispondenza sismica provinciale. Anche questo mezzo di centralizzazione parziale meriterebbe di essere imitato; e non dubito che produrrebbe interessanti risultati.

[1] Direzione Generale dei Telegrafi italiani (*Circolare*):

« A somiglianza di quanto fu prescritto col Bullettino del 1872, p. 193, « riguardo alle osservazioni da farsi durante i fenomeni delle aurore « boreali, la Direzione Generale, secondando il desiderio manifestato « dal signor Cav. Prof. Alessandro Serpieri, Direttore dell'Osservatorio « meteorologico di Urbino, prescrive che osservazioni analoghe siano « pur fatte dagli uffici in occasione di terremoti, seguendo le norme « qui appresso:

« L'impiegato che sentirà il terremoto, lo annunzierà subito agli uf- « fici, coi quali si trova in comunicazione diretta, situati ad una di- « stanza maggiore di 40 chilometri. Se stava trasmettendo o ricevendo « un telegramma interromperà dicendo due o tre volte *terremoto*, e « sospenderà il lavoro fino alla cessazione del fenomeno. In questo « tempo d'aspetto, tanto l'impiegato avvertito, quanto quello che avrà « dato l'avviso, studieranno la corrente accidentale della linea, notando « le deviazioni, le inversioni ed i riposi dell'ago del galvanometro.

« Ogni impiegato prenderà nota del momento in cui avrà sentito il « terremoto e insieme descriverà qualche fase principale del medesimo.

« Oltre a queste norme, si seguiranno, anche pei casi di cui si tratta, « le prescrizioni dei paragrafi 4, 5, 6 e 7 del citato Bullettino del 1872 « per quanto riguarda il tempo medio, la resistenza della bussola, il « nome degli uffici compresi nel circuito e la tabella in cui debbono « essere notate le differenze. »

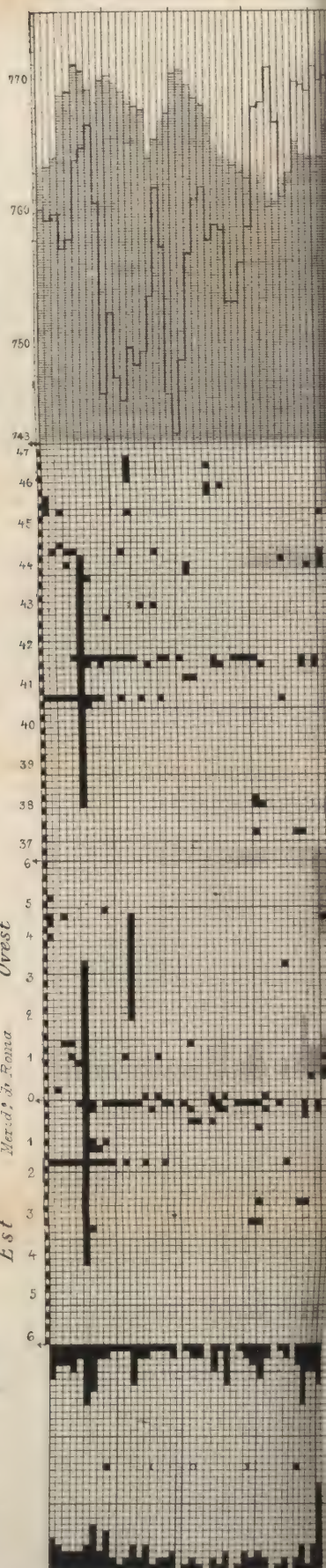
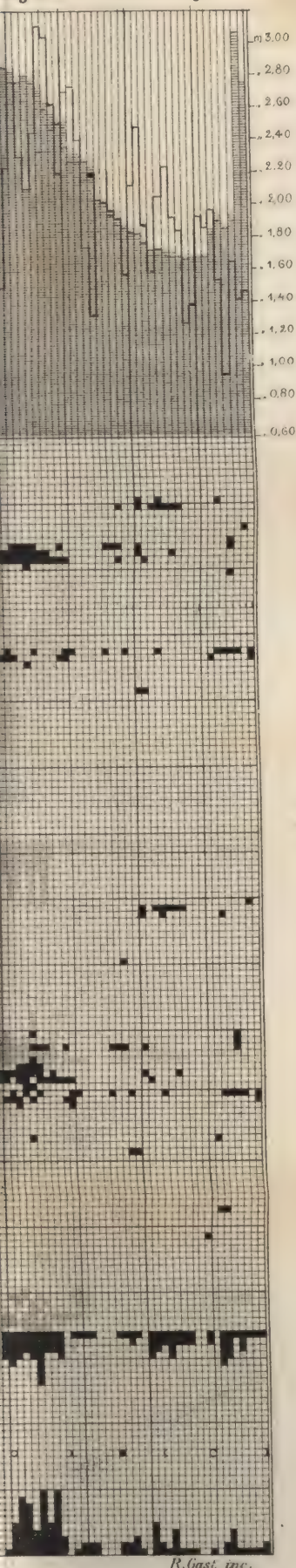
Taccio poi l'enumerazione che sarebbe lunghissima degli sforzi individuali massime di coloro che impiantarono gabinetti più o meno provvisti di istrumenti per le osservazioni sismologiche.

Ardisco adunque concludere asserendo, che l'operosità degli odierni cultori italiani della dinamica endogena e la pubblicità speciale del mio bullettino, sono riuscite a fondare l'organizzazione necessaria al rapido svolgimento della nuova scienza, alla quale giornalmente si dedicano nuovi studiosi. Quindi è giunto anche il tempo di esporre tutto in un corpo ordinato il materiale finora raccolto; lo che forma l'oggetto del presente libro di meteorologia endogena.

CAPO V.

DESCRIZIONE E SCOPO DEI QUADRI GRAFICI DEI TERREMOTI E DEGLI ALTRI FENOMENI ENDOGENI AVVENUTI IN ITALIA.

Le cose ragionate finora ed i lavori di raccolta fin qui descritti mostrano che già da sei anni vengonsi con progressivo miglioramento da me raccogliendo, ordinando e discutendo le notizie dei fenomeni endogeni massime italiani. Quantunque l'impianto già descritto delle mie schede e la natura tellurica delle ricerche mirino all'esame complessivo di tutti i fenomeni modificanti la intiera massa terrestre; pure tanto per l'opportunità dell'esser l'Italia eminentemente ricca di fenomeni endogeni, e dell'esser insieme la terra, nella quale io mi trovo, è ben naturale che sia la regione prescelta da me per sperimentarvi il nuovo metodo di studii geologico-meteorologici.

Quantunque parecchi sieno i fenomeni, che formano il soggetto di questa opera, ognun già vede che i terremoti hanno una importanza capitale, perchè colla loro frequenza e colla loro distribuzione topografica si prestano ad un esame molteplice. Fu quindi prima mia cura l'ordinare in forma grafica i terremoti paragonandoli a quanti più potei degli altri fenomeni meteorici, astronomici ed endogeni contemporanei nello scopo, che è il nostro principale, di discu-

FENOMENI ENDOGENI

najo Febbrajo

najo Febbrajo

tere i fatti nel tempo e nello spazio. Un periodo di sei anni fornisce certo materia abbondante per un primo esame; innanzi di entrare nel quale, onde appunto renderlo più spedito, debbo descrivere la parte, dirò così, meccanica del mio sistema grafico sismico, perchè cosa al tutto nuova e da niuno tentata finora. Le tavole a ciò destinate io appello « *Quadri statistico-topografici giornalieri del numero e della intensità dei terremoti avvenuti in Italia, col confronto di altri fenomeni.* » Un saggio dei medesimi è quivi annesso per l'intelligenza migliore della descrizione. Esso rappresenta i terremoti d'un solo trimestre dal dicembre 1874 al febbrajo 1875.

La statistica dei terremoti, dei quali si ebbe contezza e che percossero l'Italia negli anni 1873-1878, giunge alla cifra di 4558, distribuiti variamente nelle varie regioni della penisola ed in diversi periodi. Non so se in questa opera potrò tutti afferrare gli insegnaménti, che ci vengono da una serie così copiosa, raccolta in soli sei anni. Sarò pago però di avere almeno ordinato la ricca messe raccolta, e mostrato la ubertosità del campo impreso a coltivare.

E primieramente voglio notare, che è già un passo di molta importanza nelle nostre ricerche l'essere riuscito a disporre in una tavola grafica, secondo l'odierno metodo degli studii statistici, i terremoti predetti. Questo fenomeno più degli altri era difficile ad essere rappresentato con segni convenzionali a cagione che la sua specificazione non si riassume solo nel numero, nella intensità, nella qualità ed ora delle scosse, i quali dati non mostrerebbero difficoltà veruna; ma per questi fenomeni sommamente debbono esser eloquenti i vicendevoli loro rapporti topografici, la varietà delle regioni percosse dallo stesso terremoto, e finalmente

l'estensione di suolo che oscillò. Anche l'ora precisa del fenomeno dovrebbe esser soggetto di speciale attenzione. Tutti questi dati, eccetto quello delle ore, ho riuniti nel quadro per ciascun giorno dell'anno. Il modo di leggere le indicazioni è già abbastanza ovvio di per sè a chi è uso alla lettura di tavole statistiche. Per ciascun giorno procedendo dal basso in alto nella linea dei quadratini allineati verticalmente sulla data, si incontrano prima coperti di nero tanti di essi, quante sono state le scosse avvenute in ciascun giorno; poscia se ne conosce l'intensità massima, cui giunse la più forte, e quindi quale e quanto terreno fu percosso in longitudine ed in latitudine; finalmente la curva barometrica dell'osservatorio del Collegio romano, come punto circa medio d'Italia, rappresenta approssimativamente per ciascun giorno lo stato ascendente o discendente del barometro, che tanto importa paragonare coi terremoti. Fra la linea del numero e quella della forza ho collocato le fasi della luna; acciò anche questo confronto, che è tanto discusso nelle ricerche sui terremoti, sia agevolato dallo specchio.

Ponendo l'occhio cumulativamente a tutte le linee, che dimostrano nell'anno intiero il numero, l'intensità ed i luoghi delle scosse, vedesi l'epoca, nella quale i terremoti agitarono l'Italia col loro massimo d'intensità, di numero e di estensione. Veggonsi eziandio le fasi dei periodi parziali coi loro massimi e coi loro minimi parimente di numero, di forza e di estensione. Ma per l'uso e per la chiara interpretazione di cotesti quadri e per stabilirne meglio il loro concetto ideale, che spero raggiungere negli anni futuri, debbo alquanto addentrarmi ora nella descrizione minuta di questo metodo grafico applicato alla meteorologia endogena.

Lo scopo di questi quadri sarebbe il sottoporre ad un

colpo d'occhio non solo il numero, l'intensità, la vastità e la distribuzione topografica nel suolo d'Italia dei terremoti per ciascun giorno dell'anno; ma aprire ad uno sguardo complessivo tutti i fenomeni endogeni con tutte le relazioni loro verso i fenomeni della meteorologia atmosferica. Ivi dovrebbero essere rappresentate le perturbazioni magnetiche, le aurore boreali, le locali e temporanee correnti elettriche della terra, le oscillazioni e le fasi dei fenomeni eruttivi e sopra vasta scala le variazioni di livello dei pozzi in tutte le regioni della penisola. Ma finchè questo ideale perfetto non si raggiunga, mi son contentato in questo primo tempo di esperimento di raccogliere i terremoti, ponendovi a confronto le fasi della luna, la curva barometrica e le variazioni di livello del solo pozzo di Porretta, del quale sopra ho parlato, e che fu riconosciuto assai sensibile alle oscillazioni sismiche. Vengo ora ai particolari.

Numero delle scosse. Per ogni scossa conosciuta in Italia in ciascun giorno è tinto un quadratino: così il numero dei quadratini coperti rappresenta la somma delle scosse verificate in Italia in ciascun giorno. I terremoti notturni ad ora incerta attribuisco al giorno che segue la notte: perchè quando l'ora è incerta nella notte, è sempre presumibile il fatto avvenuto in un' ora posteriore alla mezzanotte; fino al qual tempo il numero dei vigilanti è sempre piuttosto considerevole. Allorchè dalle notizie ricevute ricavasi un numero indeterminato di scosse, ho valutato dall'insieme delle parole descrittive quale poteva essere il numero mimimo delle medesime; e così le ho collocate nel quadro. Ciò però avviene rarissime volte.

Intensità delle scosse. Ho immaginato una scala convenzionale composta di dieci gradi d'intensità, che appresso

descriverò. Essa corrisponde nella tavola grafica a dieci quadratini. Sono coperti di tinta tanti quadratini, quanti sono i gradi, che spettano alla scossa più forte avvenuta in Italia in ciascun giorno.

Scala della forza delle scosse. Descrivendo terremoti, acciò i molti epiteti, che sogliono esser dati a quel fenomeno, non sieno applicati dall'arbitrio degli osservatori, senza potervi fondare un criterio scientifico; ecco i termini, che io adopero, corrispondenti ad un grado speciale della intensità sismica rivelata dagli effetti della scossa.

Scala convenzionale per stabilire il grado di intensità del terremoto.

1. Leggerissimo. — Avvertito soltanto dai sismografi o da un sismologo.

2. Debole. — Avvertito da più d'uno.

3. Leggero. — Avvertito da molti, o annunciato dai giornali, o annunciato da non sismologi e quando se ne può valutare la direzione e la durata.

4. Sensibile. — Seguito da tremolio d'infissi, cristalli e soprammobili. Scricchiolio d'impalcature.

5. Mediocre. — Avvertito generalmente da moltissimi, seguito nelle città da un tocco di qualche raro campanello. Sentito in più luoghi non vicinissimi da non sismologi e quando trema il letto. Spavento negli animali.

6. Forte. — Con suono più o meno forte di campanelli, oscillazioni di lampade, arresto di orologi nelle città; e nelle campagne tremito visibile o sensibile degli alberi e degli arbusti; e quando narrasi che fortunatamente non accaddero danni; quando per timore o per prudenza taluno esce a passeggiare all'aperto. Interruzione quasi generale del sonno nella notte.

7. Molto forte. — Con caduta di calcinacci, suono di campane da torre, strepito, spavento abbastanza generale senza danni, caduta di oggetti e di quadri.

8. Fortissimo. — Con caduta di fumaioli, lesioni nei fabbricati, fuga dalle abitazioni.

9. Rovinoso. — Con caduta totale o parziale di qualche edificio.

10. Disastroso. — Con grandi rovine e vittime.

Terremoti secondo le latitudini e le longitudini. Ciascun quadratino corrisponde a dieci minuti di grado in latitudine o in longitudine presa dal meridiano di Roma. Ommetto le frazioni inferiori ai dieci minuti e pel difetto di spazio, e per la poca loro importanza nello scopo della tavola grafica. Nella quale i quadratini tinti esprimono soltanto approssimativamente l'estensione di ogni terremoto nella latitudine e nella longitudine. Queste per i luoghi nei quali non sono conosciute, sono prese in circa sulla carta geografica. Per mezzo di un indice si potrebbero anche riconoscere i punti indicati; perchè essi vengono determinati dalla combinazione della longitudine e della latitudine. Potrà soltanto rimanere incerta la designazione di due luoghi, i quali si trovino tanto vicini, da stare compresi nelle frazioni trascurate. In tal caso un indice topografico determinerebbe i due o tre luoghi, fra i quali rimarrebbe l'incertezza, e poichè lo scopo del quadro grafico si è quello soltanto di additare la regione scossa e la sua estensione quando sia superiore ai dieci minuti di grado, ognuno vede la innocuità della incertezza. Del resto i quadri regolari sui quali istituirò le mie analisi faranno parte del secondo volume. Gli indici predetti poi non servono punto in questa opera nella quale procuriamo di riassumere i dati ordinatamente non di fornire la serie delle

notizie. Chi desiderasse conoscere ogni particolare circa i fenomeni di cui ragioneremo potrà consultare i volumi del già citato *Bullettino del vulcanismo italiano* dal suo primo anno 1874 al sesto corrente 1879.

Pressione barometrica. La curva barometrica rappresenta le pressioni avute all' osservatorio del Collegio Romano al mezzodì, e ridotte a zero ed al livello del mare.

Variazioni di livello nel pozzo di Porretta esaminate dal sig. Demetrio Lorenzini. Le misure secondo la scala rappresentata sul quadro stesso sono in metri e centimetri e indicano il livello dell'acqua dal fondo del pozzo. Per non occupare troppo spazio è soppressa una parte dell'altezza del liquido nel suo fondo avendo mostrato l'esperienza che al disotto di quella porzione della tromba l'acqua non scese giammai.

Nei quadri ora descritti, ciò che sopratutto risulta, sono le fasi dei terremoti avvenuti in Italia coi loro massimi e minimi. I massimi emergono per uno dei tre seguenti caratteri, ovvero per la riunione di due o di tutti i medesimi: 1.° per numero di scosse; 2.° per intensità di una di queste in grado elevato della scala; 3.° per estensione considerevole di suolo percorsa dallo scotimento. Ma la distribuzione topografica del terremoto non è abbastanza evidente nella riduzione delle latitudini e longitudini italiane in quadrellini simili a quelli che additano i giorni. Quantunque quivi i gruppi topografici alquanto pure compariscano, essi non sono chiaramente definiti per lo studio comparativo del tempo e dello spazio dei fenomeni. Da questa comparazione, come poscia vedremo, deve venir fuori ad evidenza ciò che già sopra abbiamo accennato, la unità cioè dell'apparato delle forze endogene, almeno sotto l'Italia.

Perocchè l'alternare ed il coincidere delle tempeste sismiche nelle varie regioni con certe leggi di periodo generale ed altro non mi sembrano ammettere altra interpretazione. Ma non voglio qui addentrarmi in ciò che l' ordine logico richiamerà più tardi. Qui debbo soltanto descrivere gli artificii scientifici da me immaginati per rendere spedita e lucida la discussione futura. Quindi per sopperire alla esigenza degli studii statistico-topografici, ho pensato anche in questo imitare la scienza sorella della nostra, che è la meteorologia atmosferica. Anch'essa, come noi, studia i suoi fenomeni nel tempo e nello spazio; e perciò ha dovuto con graziosissimo partito rappresentare giornalmente la carta geografica dell'Europa con sopra delineate le linee concentriche della pressione barometrica ossia linee isobariche. Queste carte in piccola proporzione, collocate l'una presso l'altra nell'ordine dei giorni, mostrano all' occhio l' andamento giornaliero delle burrasche atmosferiche. Un simile mezzo ho io adottato per rappresentare l' andamento sismico nell'Italia; e vedrassi nel seguito del presente ragionamento quale facilità ed evidenza ciò porti nella discussione dei fatti. Questo stesso mezzo delle piccole topografie ci permetterà poi di disporre per un esame complessivo anche le osservazioni dei movimenti microscopici del suolo; i quali, come poscia vedremo, sono tanto più frequenti, durevoli e periodici dei veri terremoti, che nella sismica corrispondono a ciò che sono le variazioni barometriche nella meteorologia atmosferica. Sono cioè il fenomeno sempre attivo, continuo e variabile nei varii luoghi; sicchè sembra agire in forma di correnti.

Taccio poi qui del tutto di altri artificii grafici per la discussione dei fenomeni endogeni; perchè o di importanza

secondaria, od indescrivibili separatamente dalla loro parte meccanica. Intendo dire principalmente della moltiplicazione e semplificazione degli istrumenti registratori e produttori di curve automatiche. A questa nuova fonte di dati riservo un intiero libro di quest'opera; perchè dopo esposti i risultati ottenuti negli anni dei tentativi, non posso mancare di formulare la guida pratica per le osservazioni che si mostrano tanto attraenti e feconde.

Premesse tutte queste notizie parte storiche dello svolgimento del nuovo ramo di scienza, parte esprimenti l'organizzazione degli studii di cui debbo render conto, passo all'esame dei risultati ottenuti nel solo periodo degli ultimi sei anni 1873-1878, che fu ad un tempo prova del metodo ed esercizio molto incompleto del medesimo.

CAPO VI.

DEI FENOMENI DEL MAGNETISMO COME PARTE DELLA ENDODINAMICA.

§ 1. *Introduzione storica.*

Scendo finalmente all'esáme particolareggiato di ciascuno dei quattro gruppi di fenomeni endogeni, che ho sommariamente provato dover subire variazioni in forma meteorologica. Intraprendo questo esame con ordine inverso a quello col quale l'ho esposto, e dò la preferenza ai due fenomeni che ho definito esser d'ordine non vulcanico. Questo spostamento nell'ordine non guasta punto lo svolgimento logico del ragionamento. Perchè ho già ricordato la classificazione esser puramente una convenzione di comodo e non esser i detti fenomeni divisi ed indipendenti fra loro in natura. Anzi l'ordine logico nel nostro caso ci guadagna, perchè trattando prima dei fenomeni del magnetismo e dei procedenti dalla circolazione delle acque, intorno ai quali la materia è per ora poco abbondante quantunque piena di novità, resta dopo il campo più libero a trattare ampiamente di quei fenomeni, che per la loro vastità e moltiplicità esigono uno svolgimento tale da occupare la principal parte dell'opera intrapresa. Ho detto che la materia spettante al magnetismo ed alla circola-

zione delle acque, come fenomeni endogeni, è per ora scarsissima: perchè quanto alla circolazione delle acque, solo nell'ultimo sessennio si è cominciato a farvi qualche serie regolare di osservazioni opportune, che diedero per risultato il riconoscere in esse l'esistenza di fasi endometeorologiche. Quanto poi al magnetismo terrestre, appena pochi fatti isolati furono registrati che rivelino qualche connessione fra questi ed i fenomeni endogeni; e niuno avendo tentato di intraprenderne l'esame sistematicamente, io trovo in ciò il campo quasi al tutto nuovo e vergine, specialmente poi nel considerare i fenomeni elettromagnetici tellurici come dirette manifestazioni della endogena attività, non come semplice fenomeno concomitante.

Io mi propongo provare che il magnetismo e gli altri fenomeni della elettricità, mostrandosi talvolta in concomitanza dei fenomeni positivamente endogeni sopratutto del terremoto e talvolta soli in evidente sostituzione di questo, da per sè si manifestano appartenere al gruppo dei fenomeni endogeni. Anzi fra questi hanno nel terremoto un loro simile in ciò che riguarda il modo di funzionare nella endodinamica. Il terremoto è il compagno di tutti i fenomeni endogeni, mentre è esso stesso da sè solo un fenomeno interno; similmente le manifestazioni elettriche e magnetiche accompagnano i fenomeni interni, ma vedremo che talvolta ne fanno le veci.

Se riguardiamo con un colpo d'occhio generale le storie e le descrizioni diverse dei terremoti di ogni tempo, dovremo concludere col Beccaria che l'elettricità tellurica ed atmosferica indubitatamente si commuove, se non sempre, almeno spessissimo coi terremoti. I temporali congiunti alle azioni sismiche, ne sono un'ovvia dimostrazione. Anche le

eruzioni vulcaniche, che sono accompagnate da fragorosi temporali e scariche di fulmini, confermano per un certo lato tale relazione elettro-endogena.

Questo concetto assai vago cominciò a prender forma più precisa negli studii del Palmieri e dello Scacchi in occasione del terremoto che distrusse Melfi nel 1851, massime per ciò che riguardava l'elettricità atmosferica. Ma prima di questi egregi cultori della fisica terrestre, il Sarti, per il terremoto di Lisbona del 1755, riferì alcuni disturbi notati negli aghi calamitati e sospesi; l'Humboldt vide un altro disturbo nell'ago d'inclinazione a Cumana nel 1799, ma poscia non vedendolo rinnovarsi, nè notando altrettanto nella declinazione, rimase incerto sul valore della prima osservazione [1]; all'Arago nel 1822 balenò il dubbio di qualche coincidenza fra i terremoti e le perturbazioni dell'ago calamitato, vedendo questo agitarsi in un terremoto dell'Auvergne, sentito anche a Parigi. Ma ragionando su ciò credette doversi persuadere che l'ago si era mosso per forza puramente meccanica [2]. Il Pilla poi, nel 1846, osservò un fatto che giustamente a lui sembrò il più importante sorpreso in quella circostanza. Egli narra che all'Osservatorio delle Scuole Pie di Firenze fu notata una perturbazione magnetica con uno spostamento dell'ago di 13′ verso O [3]. Dopo questo primo vero dato ottenuto dal Pilla, vengono i primi veri studii da riferire, che quantunque tuttora isolati fruttarono qualche legge. Essi sono i canoni

[1] Humboldt. *Cosmos*. T. I, pag. 298.

[2] V. Arago. *Astronomie populaire*, T. IV, p. 595.

[3] Pilla. *Istoria del terremoto di Toscana del 14 agosto 1846*, pag. 99.

formulati dal Palmieri e dallo Scacchi nel periodo sismico del 1851 [1] i quali meritano di essere qui riferiti:

1.º Frequenza straordinaria di elettricità negativa a cielo sereno.

2.º Alternative frequenti e inusitate della elettricità senza nuvole e senza pioggia.

3.º Difetto assoluto di periodicità.

4.º Silenzio assai frequente degli strumenti a conduttore fisso, quando gli apparecchi a conduttore mobile mostravano ben chiaro che l'elettricità si trovava quasi in condizioni dinamiche.

5.º Quando la elettricità atmosferica prendeva il suo andamento ordinario, la terra restava in quiete per parecchi giorni.

Anche nell' ago d'inclinazione magnetica i detti autori trovarono deviazioni che precedevano le scosse, e quindi scoprivano in conferma del Pilla la esistenza di perturbazioni magneto-sismiche [2]. In pari tempo il prof. Del Verme osservava eziandio una vera perturbazione magnetica in un delicato galvanometro due ore prima del citato terremoto di Basilicata [3].

Dopo raccolti questi primi fatti nel 1851, al Secchi si presentò occasione di rinnovare una qualche indagine, allorchè nel 1859 fu inviato dal Governo Pontificio a studiare i terremoti che agitavano la città umbra di Norcia, sventuratamente celebre nella istoria dei disastrosi scuotimenti

[1] L. Palmieri ed A. Scacchi. *Della regione vulcanica del M. Vulture e del terremoto ivi avvenuto nel 14 agosto 1851.* Relazione per incarico della R. Accademia delle Scienze di Napoli.

[2] L. Palmieri e A. Scacchi. Op. cit., pag. 149.

[3] Serpieri. *Sullo studio della perturbazione elettrica foriera del terremoto,* pag. 8.

tellurici. Quivi il Secchi, fra le molte indagini, volle intraprendere anche quella delle perturbazioni magneto-sismiche ad imitazione del Palmieri; ma ne ebbe cotanto deboli e dubbiose traccie, che stimò doversi intorno a questa materia sospendere il giudizio, ed attendere l' occasione di poter intraprendere nuove indagini in condizioni materiali e scientifiche meglio stabilite [1].

Dieci anni dopo il Secchi, dobbiamo al benemerito professore Ragona di Modena l' aver ripreso qualche studio intorno a codesta materia magneto-sismica. Questi dispose nell'Osservatorio, che dirige, un delicatissimo galvanometro comunicante col suolo e con una spranga di ferro slanciata nell'atmosfera. Vennero terremoti al 25 giugno e poscia ai 13 dicembre 1869, ed il Ragona potè constatare che *i terremoti sono accompagnati da poderose correnti elettriche dirette dalla terra all'atmosfera.* La quale sentenza il medesimo Ragona confermò poi con altre osservazioni nel tempo successivo.

Poco dopo, cioè nel 1872, nell' occasione della oramai celebre aurora boreale del 4 febbraio, il ch. P. Bertelli, che già assiduamente osservava i moti microscopici dei pendoli, notò che in coincidenza di quell' aurora boreale era avvenuta una forte perturbazione magnetica preceduta, accompagnata e seguita da una assai straordinaria agitazione del suo apparecchio microsismico. Tale agitazione incominciava alle 4 pom. e durava fino alla mezzanotte [2].

Giunse finalmente l'anno 1873, ossia quello che segna il

[1] Secchi. *Escursione scientifica fatta a Norcia ad occasione dei terremoti del 22 agosto 1859,* pag. 24 e seg.

[2] V. *Annuario scientifico italiano.* Anno IX, pag. 245.

principio dei regolari ed organizzati studii di dinamica endogena in Italia. Fu nel gennaio di quest'anno che apparvero i primi terremoti da me studiati negli spenti vulcani laziali. Allora raccolsi per la prima volta quanti più dati mi fu possibile sulla meteorologia anche lontana da noi, circa i fenomeni contemporanei; ed osservai oltre alla coincidenza dei terremoti del 19 gennaio con perturbazione magnetica in Roma, la frequenza di molte aurore boreali nel nord d' Italia e fuori durante il periodo sismico.

Venne appresso il grande terremoto del 12 marzo 1873. Su questo fenomeno il Serpieri si diede a tutt'uomo a moltiplicare le analisi scientifiche e sopratutto a verificarvi gli studii da me iniziati ai 19 gennaio precedente. Fra i molti punti che il Serpieri maestrevolmente esaminò, vi fu quello del presentimento degli animali e delle perturbazioni magnetiche, che si verificarono negli uffici telegrafici all'ora dello scuotimento del suolo. Dalle indagini del Serpieri risultò evidente che una *burrasca elettrica* (così egli la chiama) accompagna i terremoti, ed esser questa la causa del così detto presentimento degli animali, perchè questi sono invasi e quasi punti dalla elettricità, la quale, postasi in moto sotterra, precede alla superficie l' arrivo delle più lente onde meccaniche della crosta terrestre [1]. Cotesto importante argomento il Serpieri riprese in opuscolo speciale, nel quale potè far tesoro di ulteriori osservazioni di nuove perturbazioni magneto-sismiche fatte dal Denza a Moncalieri e di nuovi dati sull' efflusso di elettricità dalla

[1] Serpieri. *Il terremoto e le sue leggi*. Lezione popolare (ristampata nelle esercitazioni dell'Accademia agraria di Pesaro, An. XV, semestre 1°).

terra verso l'atmosfera da me fornitigli [1]. Fu allora che ragionevolmente il Serpieri concepì il progetto di cui sopra abbiamo parlato, di convertire cioè tutte le stazioni telegrafiche in osservatorii magneto-sismici. Al quale felicissimo pensiero avendo accondisceso l'amministrazione dei telegrafi, già più volte ci è avvenuto di ottener dagli ufficiali telegrafici importanti osservazioni di perturbazioni magnetiche nell'ora del terremoto.

Simili perturbazioni magneto-sismiche si è cominciato ad osservare anche fuori d' Italia; ed il Quetelet le ha notate già da qualche anno nel Belgio; ed altre ne ho io riferite nel *Bullettino del Vulcanismo italiano*, osservate in America ed in Italia.

Questa è la breve istoria del modo col quale lo studio dei fenomeni elettrici e magnetici si è riconosciuto dover entrare fra gli studii complementari della sismologia. Ma da questa medesima rapida rassegna come apparisce evidente la parte attiva che ha il magnetismo nei fenomeni endogeni, apparisce pure che malgrado lo stato infantile di questo ramo è opportuno il prenderne qui ad esame i dati con maggiore ponderazione, sicchè ne risulti un programma di studii se non ne possono risultare già alcuni abbozzi di canoni scientifici, fra i quali, gradisco di ripetere, apparirà il magnetismo poter essere considerato non come ausiliare, ma come diretta manifestazione dell'interna attività tellurica.

Ma prima di intraprendere lo studio ordinato delle relazioni fra i fenomeni del magnetismo terrestre e quelli della endodinamica sembrami necessario richiamarci alla mente

[1] Serpieri. *Sullo studio della perturbazione elettrica foriera del terremoto.*

tutto ciò che costituisce secondo gli ultimi risultati della scienza il gruppo dei fenomeni magneto-elettrici tellurici, onde vedere poi se tutte le varietà di questa specie di fenomeni mostrano attinenza coi nostri fenomeni della meteorologia endogena. Ciò posto osservo che massime dietro gli studii del Serpieri e del Tacchini nonchè del Secchi e del Denza e di parecchi fisici ultramontani, le perturbazioni magnetiche, le aurore boreali, la luce zodiacale e le nebbie secche possiamo stimare come fenomeni del medesimo ordine provenienti da efflnssi od influssi di elettricità sulla superficie del globo. Sono essi poi manifestazioni diverse di una azione connessa coll'attività solare, le quali manifestazioni talvolta si aggruppano per mostrarsi contemporaneamente, talvolta si alternano o si sostituiscono a vicenda fra loro. Mostrano pure qualche connessione od influenza nei fenomeni della meteorologia atmosferica; e nel caso nostro dobbiamo esaminare, se tutte o parte delle enumerate loro varietà sieno in relazione coi fenomeni endogeni, e di qual natura sieno i vincoli che li collegano fra loro e con l'attività del sole che abbiamo ricordato esser il centro dei fenomeni elettro-magnetici. Questa ultima parte delle relazioni colla attività solare la riservo al punto di quest' opera, nel quale potrò disporre di tutto il materiale necessario a trattarne.

§ 2. *Distacco dei pesi dalle calamite nel terremoto.*

Intraprendendo l' esame dei fenomeni elettro-magnetici come parte della endodinamica, comincio dall'osservare che a quest'ordine di fatti appartiene il notissimo mezzo fisico, col quale i Giapponesi si fanno avvertire dal terremoto

stesso del suo prossimo arrivo. Tengono essi sospesa una calamita con la sua àncora sopra un *tam-tam.* L'esperienza ha loro insegnato che all'avvicinarsi del terremoto cessa o si indebolisce la forza attrattiva della calamita, la quale perciò lascia cadere l'àncora pesante sul sottoposto metallo, dal cui suono avvertiti soglion porsi in salvo dall'urto delle scosse, che sopraggiungono puntualmente. I Giapponesi ci insegnano adunque che all' avvicinarsi del terremoto nelle loro regioni si altera la forza magnetica d' una calamita. Dicesi che ciò sia stato anche altrove verificato massime in Italia nei tempi trascorsi. Una evidente e completa testimonianza ce ne dà il Sarti a proposito di questo stesso fenomeno avvenuto in coincidenza del terremoto celebre di Lisbona nel 1755. Credo pregio dell'opera il riferire testualmente il brano citato del Sarti. « Nel primo di novembre dell'anno 1755, allor-
« chè il terremoto di Lisbona si comunicò ai paesi assai dispa-
« rati e lontani, tutte le calamite sospese nei gabinetti dei
« curiosi cambiarono di posizione e lasciarono cadere i pesi,
« dei quali erano cariche. In queste medesime circostanze
« fu anche osservato del disordine negli aghi calamitati in di-
« versi luoghi della Germania. Così ci riferisce il Bertrand. Il
« nove di dicembre si osservò a Morat, che nel momento del
« terremoto l'ago calamitato della bussola declinò all' Ovest
« cinque dodicesimi di un grado, ossia di venticinque minuti.
« Il giorno medesimo nelle frontiere degli svizzeri la lima-
« tura di ferro sospesa per la sua punta ad una calamita,
« unendosi assieme si rivolse contro la calamita e la sua
« armatura, e di poi ritornò nella sua direzione verticale.
« Qualche cosa di singolare fu osservato in una calamita
« sospesa presso di un Curioso ad Hoben-Ems. Questa ca-
« lamita, del peso di dodici oncie e mezza, non era armata.

« Alla prima scossa del terremoto del dì nove di dicembre
« il cordone e la calamita si voltarono dal lato del Sud, e
« formarono con la perpendicolare, che prima rappresen-
« tavano un angolo di quaranta gradi e più. Restarono in
« questa situazione finchè durarono le scosse del terremoto.
« All'ultima scossa la calamita ricadde dal lato del Nord
« ed oscillò per più vibrazioni, che diminuirono poco a poco.
« La limatura di ferro, solita a stare sopra i due poli, si
« serrò quasi tutta dal polo del Nord, nè riprese la consueta
« sua situazione, finchè non fu terminato il giuoco e del
« cordone sospensorio e della calamita medesima. Il terre-
« moto durò in questo luogo a un bel circa un minuto egual-
« mente che la posizione straordinaria della pietra. »

A me poi consta che questo fenomeno della caduta dell'àncora della calamita, avvenne nel 1869 in occasione di un terremoto a Genzano, presso Roma. In quel giorno era ivi giunto un venditore di giuocattoli, fra i quali avea distribuito a molti ragazzi alcune piccole calamite a ferro di cavallo munite della loro àncora. Nel pomeriggio avvenne un terremoto, e molti rimasero sorpresi vedendo nell'atto della scossa le calamite che lasciarono cadere a terra il ferro dell'àncora. Non so poi se ciò avvenne a tutte le calamite che in quel giorno si trovavano appese alle mura nelle case di Genzano. Io ho tenuto lungamente in osservazione piccole calamite di otto o dieci centimetri di lunghezza, e giammai ho ottenuto il fenomeno descritto. Ma non perciò è esso men vero.

Il Bertelli immaginò di trarre partito dal fatto Giapponese per comporre un istrumento da ricerche sismologiche; e costruì una leggerissima e piccolissima calamita, destinandola a sorreggere una proporzionata minima asticella di

ferro. Fece costruire un simile apparecchio per il gabinetto tromosismometrico del conte Malvasia in Bologna; e dalle osservazioni massime di quest' ultimo, che gentilmente mi comunica ad ogni dieci giorni, io rilevo che in ciascun periodo di sismiche commozioni la calamita abbandona spesso e più volte al giorno la sua àncora. Oltre a ciò apparisce sovente un periodo di giorni nei quali, senza avvenire scosse di terremoto, l' àncora trovasi invece di frequente caduta. Questo fenomeno è ora così certo e comune nel suddetto Osservatorio del Malvasia, che questi gli ha appropriato il titolo convenzionale di *cenno sismico.*

L' importanza del fatto esige che il lettore possa giudicarne, esaminando il quadro delle osservazioni del Malvasia che qui aggiungo dal 1875 al 1878, congiuntamente alla serie delle scosse di terremoto avvenute nella medesima città o circondario, durante cotesto quadriennio.

Avverto che nel susseguente quadro, per desiderio di esattezza, ho conservato le parole adoperate dal Malvasia, nelle quali però *distacco della calamita, leva staccata, avviso sismico* indicano sempre la caduta dell' àncora, che poi egli definitivamente chiamò *cenno sismico.*

Nota dei terremoti e delle cadute dell'àncora della calamita, osservate in Bologna dal sig. Conte A. Malvasia, dal Dicembre 1874 al Dicembre 1878.

1874	Dicembre	4	4.38′ a.	terremoto
»	»	12	4.00′ p.	»
»	»	17	12.45′ 23″ p.	»
1875	Gennaio	11	8.5′ a.	leva staccata
»	»	11	11.50′ p.	terremoto
»	»	14	10.40′ a. e 5.41′ p.	leva staccata
»	»	18	8.00′ a.	»

1875	Gennaio	23	6.45′ a. o 6.55′, o 7.00′ a.	terremoto
»	»	23	1.00′ a. circa	»
»	»	26	8.00′ a.	»
»	»	26	fra le 12 e le 3.05′ p.	»
»	Febbraio	6	fra le 9.00′ a. e le 12 m.	»
»	»	6	12.28′ 56″ p.	»
»	»	7	9.39′ a.	»
»	»	7	8.18′ 13″ p.	»
»	»	8	12.54′ 10″ p.	»
»	»	11	4.19′ a 3″ p.	»
»	»	16	6.43′ a.	leva staccata
»	Marzo	6	5.55′ a.	»
»	»	18	0.53′ 12″ a.	terremoto
»	»	18	9.00′ a.	»
»	Aprile	2	4.55′ 32′ a.	»
»	»	5	fra le 6.33′ e le 6.40′ a.	»
»	»	5	5.34′ p.	»
»	»	14	3.31′ 18″ p.	»
»	»	14	3.34′ p.	»
»	»	20	8.25′ p.	»
»	»	20	5.54′ a.	leva staccata
»	»	29	6.22′ a. e 2.59′ p.	»
»	»	30	9.17′ p.	»
»	Maggio	6	11.04′ 23″ p.	terremoto
»	»	7	8.14′ a.	leva staccata
»	»	8	10.20′ a. e 8.41′ p.	»
»	»	9	8.12′ a.	»
»	»	10	7.43′ p.	»
»	»	12	10.27′ a.	»
»	»	14	4.31′ 4″ p.	terremoto
»	»	14	5.12′ p.	leva staccata
»	»	22	10.33′ a. e 5.31′ p.	»
»	»	25	9.02′ a.	»
»	»	26	2.52′ p.	»
»	»	26	5.46′ p.	»
»	»	26	9.05′ 36′ ( )	terremoto
»	»	27	0.45′ a.	»

1875	Maggio	27	5.09′ a.	terremoto
»	»	27	10 21′ a.	leva staccata
»	»	28	2.01′ 05″ p.	terremoto
»	»	30	2 45′ p.	leva staccata
»	Giugno	4	12.57′ (?)	»
»	»	8	5.31′ p.	»
»	»	9	4.05′ p. e 11.52′ p.	»
»	»	10	5.09′ p.	»
»	»	11	9.57′ a.	»
»	»	14	11.11′ p. circa	terremoto
»	»	15	5.51′ a.	leva staccata
»	»	16	2.27′ p.	»
»	»	17	5.45′ a.	»
»	»	17	10.21′ a.	»
»	»	18	11.30′ a.	»
»	»	18	12.12′ (?)	»
»	»	19	7.35′ a.	»
»	»	19	9.58′ a.	»
»	»	19	1 11′ p.	»
»	»	22	5.51′ a.	»
»	»	22	8.59′ a.	»
»	»	22	9.20′ a.	»
»	»	23	1.11′ p.	»
»	»	23	2.45′ p.	»
»	»	23	3.48′ p.	»
»	»	23	5,12′ p.	»
»	»	23	6.15′ p.	»
»	»	23	11.41′ p.	
»	»	24	12.17′ p.	»
»	»	24	1.45′ p.	»
»	»	24	2.54′ p.	»
»	»	25	10.20′ a.	»
»	»	25	11.12′ a.	»
»	»	25	4.09′ p.	»
»	»	27	5.21′ a.	»
»	»	29	10.01′ a.	»
»	»	29	11.15′ a.	

1875	Giugno	29	12.31′ p.	leva staccata
»	»	29	1.55′ p.	»
»	»	29	2.33′ p.	»
»	»	29	4.11′ p.	»
»	»	30	6.37′ a.	»
»	Luglio	1	2.25′ a. circa	avviso sismico
»	»	2	4.28′ p.	»
»	Settembre	17	8.30′ p.	terremoto
»	Ottobre	7	4.55′ 56″ a.	»
»	Novembre	20	1.55′ 53″ p.	»
»	Dicembre	5	9.00′ p.	»
»	»	6	3.45′ a.	ampie oscill. all' ortosism.
»	»	7	1.00′ p.	terremoto
1876	Gennaio	5	2.30′ a.	»
»	»	6	5.30′ p. circa	»
»	»	7	4.28′ p.	»
»	»	7	7.47′ p.	»
»	Febbraio	1	dalle 3.35′ p. alle 9.12′ p.	accenno sismico
»	»	3	nel pomeriggio	»
»	»	15	3.00′ p.	terremoto
»	Marzo	27	8.59′ a.	»
»	»	27	9.01′ a.	»
»	Aprile	25	1.22′ 22″ p.	»
»	Maggio	28	8.11′ p.	»
»	Giugno	2	10.16′ a.	»
»	»	10	12.11′ 29″ a.	»
»	»	17	4.12′ 32″ (?)	»
»	Luglio	8	prima delle 9.00′ a.	»
»	»	13	9.40′ 24″ a.	»
»	Agosto	14	8.9′ 15″ (?)	»
»	»	17	2.4′ 45″ p.	»
»	»	22	7.18′ a.	»
»	»	22	4.05′ p.	»
»	»	22-23	notte	»
»	»	24	8.07′ a.	»
»	Settembre	13	11.15′ a.	»
»	Novembre	1	2.55′ 33″ a.	»

1876	Novembre	2	2.55′ 33″ p.	terremoto
»	»	6	9.00′ a.	moto sismico
»	»	9	4.2′ 42″ a.	terremoto
»	»	9	9.41′ 40″ a.	»
»	»	17	6.45′ a.	»
»	»	18	11.27′ 34″ a.	»
»	»	30	—	»
»	Dicembre	31	6.00′ a. circa	»
1877	Febbrajo	14	5.22′ 11″ a.	»
»	»	14	5.59′ 05″ p.	»
»	»	14	11.25′ 54″ p.	»
»	Marzo	10	8.44′ a. - 12.25′ p.	distacco della calamita
»	»	12-13	notte	»
»	»	13	3.00′ p. - 5.00′ p.	»
»	»	14	7.00′ p. - 10.30′ p.	»
»	»	15	8.57′ a. - 10.51′ a.	»
»	»	15	4.30′ p. - 7.20′ p.	»
»	»	15-16	7.20′ p. d. 15 - 9.00′ a. d. 16	»
»	»	24	9.00′ a. - 12.3¼ p.	»
»	»	24	12.39′ p. - 4.10′ p.	»
»	»	24	4.10′ p. - 7.52′ p.	»
»	»	24-25	10.26′ p. d. 24 - 7.30′ a. d. 25	»
»	»	25-26	10.51′ p. d. 25 - 8.21′ a. d. 26	»
»	»	26	8.21′ a. - 10.20′ a.	»
»	»	26	4.04′ p. - 6.35′ p.	»
»	Aprile	7-8	—	terremoto
»	»	14	9.41′ p.	»
»	»	16	prime ore ant.	»
»	»	16	3.13′ 06″ p.	»
»	»	17	5.49′ 19″ a.	»
»	»	17	8.10′ 58′ a.	»
»	»	17	9.57′ 45″ a.	»
»	»	17	10.41′ 32″ a.	»
»	»	17	10.45′ 08″ a.	»
»	»	17	11.49′ 10″ a.	»
»	»	17	12.20′ 52″ p.	»
»	»	17	2.16′ 24″ p.	»

1877	Aprile	17	2.35′ 41″ p.	terremoto
»	»	17	5.11′ 24″ p.	»
»	»	17	5.23′ 02″ p.	»
»	»	18	12.43′ - 8.2′ a.	»
»	»	19	5.33′ 57″ a.	
»	»	23	12.18′ 50″ p.	»
»	Maggio	3	12.15′ p.	»
»	»	7	11.01′ 27″ (?)	»
»	»	9	11.25′ a. - 4.30′ p.	distacco della calamita
»	»	10	—	terremoto
»	»	11	11.53′ a. - 4.42′ p.	distacco della calamita
»	»	11	4.42′ p. - 7.35′ p.	»
»	»	11	7.35′ p. - 10.27′ p.	»
»	»	11-12	10.27′ p. d. 11 - 8.30′ a. d. 12	»
»	»	12	8.00′ a. - 12.25′ p.	»
»	»	12	12.25′ p. - 4.30′ p.	»
»	»	13	8.15′ a. - 11.40′ a.	»
»	»	14	8.02′ a. - 5.20′ p.	»
»	»	15	8.02′ a. - 1.20′ p.	»
»	»	15	7.58′ p. - 9.30′ p.	»
»	»	15-16	9.30′ p. d. 15 - 8.10′ a. d. 16	»
»	»	16	4.52′ p. - 7.35′ p.	»
»	»	16-17	10.00′ p. d. 16 - 7.58′ a. d. 17	»
»	»	19	7.32′ a. - 12.40′ p.	»
»	»	19	4.05′ p. - 7.34′ p.	»
»	»	19	9.00′ p.	terremoto
»	»	21	9.55′ 26′ a.	»
»	»	21	»	distacco della calamita
»	»	22	8.55′ a. - 11.37′ a.	»
»	»	22	3.40′ p. - 10.00′ p.	»
»	»	23	7.50′ a. - 11.46′ a.	»
»	»	23	4.50′ p. - 7.15′ p.	»
»	»	24	1.25′ p. - 3.32′ p.	»
»	»	25	7.47′ a. - 12.30′ p.	»
»	»	25	7.07′ p. - 10.27′ p.	»
»	»	27	5.00′ p. - 7.15′ p.	»
»	»	29	12.30′ p. - 3.59′ p.	»

1877	Maggio	29-30	9.37′ p. d. 29 - 7.20′ a. d. 30	dist. della sbarra calamit.
»	»	30	6.21′ a.	terremoto
»	»	31	7.12′ p. - 8.15′ p.	distacco della calamita
»	Mag.-Giu.	31-1	8.15′ p. 31 M. - 7.50′ a. 1 G.	»
»	Giugno	4	8.26′ a. - 10.45′ a.	»
»	»	4	9.28′ 56′ a.	terremoto
»	»	5	4.25′ p. - 7.35′ p.	distacco della calamita
»	»	9	6.54′ p. - 9.41 p.	»
»	»	13	nel giorno tre volte	»
»	»	15	3.40′ p. - 7.21′ p.	»
»	»	17	12.45′ p. - 4.45′ p.	»
»	»	18	nel giorno tre volte	»
»	»	19	12.55′ p. - 4.32′ p.	»
»	»	19	6.25 p. - 10.14″ p.	»
»	»	26	2.34′ p.	terremoto
»	Luglio	4	4.39′ 59″ a.	»
»	»	8	—	»
»	»	16	prima delle 10.00′ a.	»
»	»	18	—	»
»	Agosto	8	7.23′ 30″ p.	»
»	»	29	1.20′ a.	moto sussul. nell'ortosism.
»	»	31	3.16′ 40 p.	terremoto
»	Settembre	4	2.00′ a.	»
»	»	4	10.19′ a.	»
»	»	7	9.01 a.	»
»	»	7	9 26′ 50″ a.	»
»	»	7	»	distacco della calamita
»	»	18	3.37′ p.	terremoto
»	»	24	12.36′ p. circa	»
»	Ottobre	23	8.50′ a. - 4.00′ p.	distacco della calamita
»	Novembre	12	11.05′ p.	terremoto
»	»	12	12.11 42″ a.	»
»	»	28	8.26′ p.	oscillazioni straordinarie
»	Dicembre	1	8.15′ a.	terremoto
»	»	2	10.15′ a.	»
»	»	3	9.00′ a.	»
»	»	8	9.05′ a.	»

1877	Dicembre	9	4.25′ a.	terremoto
»	»	9	12.26′ 44″ a.	»
»	»	9	11.53′ 31″ a.	»
»	»	10	6.00′ a.	»
»	»	10	10.14′ a.	»
»	»	10	12.45′ p.	»
»	»	11	6.50′ a.	»
»	»	11	4.00′ p.	»
»	»	12	9.15′ a	»
»	»	13	9.10′ a.	»
»	»	14	10.30′ p.	»
»	»	15	1.40′ a.	»
»	»	16	9.15′ a.	»
»	»	17	9.52′ 45″ a.	»
»	»	17	5.00′ p.	»
»	»	18	9.00′ a.	»
»	»	19	9.30′ a.	»
»	»	20	9.00 a.	»
»	»	21	9.15 a.	»
»	»	22	9.15′ a.	»
»	»	23	7.25 p.	»
»	»	23	8.45′ 20″ p.	»
»	»	23	8.57′ p.	
»	»	23	8.57′ 30″ p.	»
»	»	23	9.28′ p.	»
»	»	23	9.40′ p.	»
»	»	23	9.50′ p.	»
»	»	23	10.37′ p.	»
»	»	24	9.00′ a.	»
1878	Gennajo	16	11.34′ 43″ p.	»
»	»	21	7.02′ 40″ a.	»
»	Febbrajo	1	4.18′ 45″ p.	»
»	»	2	12.42′ 30″ p.	»
»	»	13	5.45′ p. - 5.56′ p.	segno del pendolo autom.
»	»	16	6.3[4 a.	terremoto
»	»	17-18	10.00′ p. d. 17 - 8.45′ a. d. 18	piccolissime scosse
»	»	18	8.45′ a.	terremoto

1878	Febbr.	19	7.56′ 58″ a.	terremoto
»	»	20	4.35′ 43″ p.	»
»	»	21	10.33′ 16″ a.	segno di scossa
»	»	24	8.02′ 32″ a.	terremoto
»	Marzo	2	7.45′ a.	»
»	»	2	5.25′ p.	»
»	»	2	6.30′ 01″ p.	»
»	»	3	1.09′ 48″ a.	»
»	»	3	1.15′ 38″ p.	»
»	»	4	9.35′ 54″ a.	»
»	»	4	9.58′ 17″ a.	»
»	»	4	10.07′ 41″ a.	»
»	»	4	11.32′ 50″ a.	terr. e distacco della calam.
»	»	4	12.52′ 09″ p.	accenno della caduta della calamita e forti oscillazioni del pendolo automatico
»	»	4	2.37′ 26″ p.	
»	»	4	3.04′ 17″ p.	
»	»	4	4.37′ 30″ p.	
»	»	4-5	11 p. del 4 - 7.45 a. del 5	forti oscillaz. del pendolo
»	»	5	11.11′ 19″ a.	terremoto
»	»	6	2.27′ 55″ a.	»
»	»	6	10.14′ 16″ a.	terr. e distacco della calam.
»	»	6	10.29′ 05 a.	terremoto
»	»	6	11.07′ 22″ a.	»
»	»	6	2.08′ 9″ p.	terr. e distacco della calam.
»	»	7	6.35′ a. - 6.40′ a.	agitazione del pendolo
»	»	8	3.34′ 35″ p.	terremoto
»	»	8	3.37′ 03″ p.	»
»	»	8	8.03′ 41″ p.	»
»	»	9	2.50′ 29″ a.	»
»	»	9	12.04′ 23″ p.	terr. e distacco della calam.
»	»	9	6.03′ 45 p.	terremoto
»	»	9	7.05′ 09″ p.	»
»	»	9	7.09′ 15″ p.	»
»	»	9	10.19 55″ p.	»
»	»	9	10.52′ 59″ p.	»
»	»	10	1.39′ 54″ p.	»
»	»	10	2.09′ 24″ p.	terr. e distacco della calam.

1878	Marzo	10	2.29′ 44″ p.	terremoto
»	»	10	7.37′ 42″ p.	»
»	»	11	2.39′ 59″ (?)	»
»	»	12	5.45′ a. - 7.20′ a.	agitazione nel pendolo
»	»	12	7.35′ a. - 8.30′ a.	»
»	»	12	10.26′ 28″ p.	terremoto
»	»	12	11.15′ p.	»
»	»	12	mezzanotte	»
»	»	13	8.10′ a.	»
»	»	13	1.10′ a.	forte agitazione al pendolo automatico
»	»	13	2.45′ a.	
»	»	13	7.30′ a. - 8.00′ a.	
»	»	13	8.44′ 45″ a.	terremoto
»	»	13	8.56′ 32″ a.	»
»	»	15	6.28′ 15″ p.	»
»	»	15	10.12′ p.	»
»	»	15	11.00′ 22″ p.	»
»	»	16	5.10′ 17″ p.	»
»	»	16	6.05′ 26″ p.	»
»	»	16	8.15′ 52″ p.	terr. e distacco della calam.
»	»	17	1.50′ 24″ a.	terremoto
»	»	18	5.44′ 49′ a.	»
»	»	18	10.42′ 12″ a.	»
»	»	23	10.45′ a.	terr. e distacco della calam.
»	»	24	11.30′ a.	»
»	»	26	2.42′ 04′ p.	terremoto
»	»	26	3.22 50′ p.	»
»	»	26	tra le 22.50′ e le 6.50 p.	»
»	»	27	11.08′ 59″ a.	»
»	»	27	12.47′ 30″ p.	terr. e distacco della calam.
»	»	27	1.35′ 08′ p.	terremoto
»	»	27	7.43′ 25″ p.	»
»	»	27-28	10.40′ p. d. 27 - 7.52 a. del 28	»
»	»	29	6.06′ 20″ a.	»
»	»	29	9.05′ 15″ a.	»
»	»	29	11.28′ 36″ a.	»
»	»	29	1.32′ 57″ p.	»

1878	Marzo	29	3.33′ 41″ p.	terremoto
»	»	29	tra le 3.33′ 41″ p. - 6.15′ p.	»
»	»	29	9.40 p.	»
»	»	30	8.27′ a.	»
»	»	30	12.20′ p.	»
»	»	30	7.46′ 21″ p.	»
»	»	30	10.42′ 37″ p.	terr. e distacco della calam.
»	»	30	11.04 03″ p.	terremoto
»	»	31	7.30 a. - 8.00′ a.	»
»	»	31	11.20 25″ a.	»
»	»	31	4.45′ p. - 6.00′ p.	»
»	»	31	7.45′ 16″ p.	»
»	»	31	10.24′ 05″ p.	»
»	»	31	10.35′ 58″ p.	»
»	»	2-31	7 volte	accenno sismico
»	Aprile	1	12.55′ 15″ a.	terremoto
»	»	1	5.28′ 24″ a.	»
»	»	1	7.12′ 40″ p.	»
»	»	2-3	10.35′ p. d. 2 - 7.08′ a. d. 3	»
»	»	3	12.33′ p.	»
»	»	3	dalle 1.20′ p. - 4.45 p.	»
»	»	4	8.35′ 10″ a.	»
»	»	4	3.30′ p. - 6.51′ p.	accenno sismico
»	»	4	6.51′ p. - 10.54′ p.	»
»	»	5	10.24′ 5′ a.	terremoto
»	»	5	6.30 p.	accenno sismico
»	»	6	0.12′ 33′ a.	terremoto
»	»	6	12.10′ a.	»
»	»	6	12.36′ a.	»
»	»	6	1.50 a.	»
»	»	6	1.55′ a.	»
»	»	6	7.16 a. - 8.28′ a.	»
»	»	6	8.28 a. - 12.43′ p.	»
»	»	6	4.19 25″ p.	»
»	»	8	2.10′ 10″ p.	»
»	»	8	2.50 50″ p.	»
»	»	9	7.41′ 43″ a.	terrem. e accenno sismico

1878	Aprile	9	7.57′ 15′ a.	terremoto
»	»	11	6.11′ 22″ (?)	»
»	»	14	1.25′ p. - 3.30 p.	»
»	»	14	3.30′ p. - 7.17′ p.	»
»	»	14	10.56′ 01′ p.	»
»	»	14-15	10.56′ 01″ d. 14 - 6.8′ 7″ d. 15	»
»	»	15	6.19′ 24′ a.	»
»	»	15	6.36′ 47″ a.	»
»	»	15	8.30′ 02′ a.	»
»	»	17	3.18′ 46″ p.	»
»	»	19	20 ore pom. (*sic*)	»
»	»	21	3.37′ 23″	»
»	»	22	12.21′ 31′ p.	»
»	»	22	3.21′ 23′ p.	»
»	»	23	2.12′ 03′ p.	»
»	»	23	2.45′ 40″ p.	»
»	»	23	7.22′ 29″ p.	»
»	»	23	12.33′ 30″ p.	terr. ed accenno sismico
»	»	23	2.08′ 27″ p.	»
»	»	23	2.12′ p. - 5.17′ p.	terremoto
»	»	23	6.41′ 52″ p.	»
»	»	1-25	4 volte	accenno sismico
»	Maggio	3	10.54′ 09″ a.	terremoto
»	»	10	10.00′ a. (dubbia)	»
»	»	10	11.59′ 30′	»
»	»	10	12.00′ 45″ p.	»
»	»	11	6.43′ 42 a.	»
»	»	11	8.35′ 33″ a.	»
»	»	17	3.55′ p.	accenno sismico
»	»	17	7.30 p.	»
»	»	20	5.04′ 03″ a.	terremoto
»	»	20	6.11′ 46″ a.	»
»	»	22	3.18′ 34″ p.	»
»	»	23	4.36′ 27″ a.	terrem. e accenno sismico
»	»	23	5.42′ 12″ p.	terremoto
»	»	24	4 36′ 27″ a.	terrem. e accenno sismico
»	»	24	5.42′ 12″ p.	terremoto

1878	Maggio	25	4.41′ 55″ p.	terremoto
»	»	25	8.34′ 24″ p.	»
»	»	25	9.22′ 45″ p.	»
»	»	25	9.58′ 13″ p.	»
»	»	26	7.18′ 54″ p.	»
»	»	27	5.47′ 20″ a.	»
»	»	27	6.13′ 53″ a.	»
»	»	28	5.53′ 28″ a.	»
»	»	28	3.23′ 13″ p.	»
»	»	28	3.39′ 19″ p.	»
»	»	28	4.21′ 36′ p.	»
»	»	28	5.13′ 30″ p.	»
»	»	29	4.19′ 10″ a.	»
»	»	29	4.38′ 35″ p.	»
»	Giugno	4	3.33′ 38″ p.	»
»	»	4	3 38′ p.	»
»	»	4	4.52′ p.	»
»	»	11	—	accenno sismico
»	»	14	—	»
»	»	15	—	»
»	»	25	—	terremoto
»	»	26	—	agitazione del pendolo
»	»	28	—	terremoto
»	Luglio	3	3.20′ 40′ p.	»
»	»	25	3.04′ 57″ p.	»
»	»	25	7.23′ p.	»
»	»	25	tra le 7.00′ p. e le 7.23′ p.	terr. ed accenno sismico
»	»	26	10.00′ 11″ a. circa	terremoto
»	»	26	10.26′ 30″ a.	»
»	»	26	1 09′ 50″ p.	»
»	»	27	2.30′ 11″ p.	terr. ed accenno sismico
»	»	27	3.05′ 25″ p.	terremoto
»	»	27	3.50′ 30″ p.	»
»	»	27	8.36′ 49″ a.	terr. ed accenno sismico
»	»	27	12.14′ 48′ p.	»
»	»	27	4.16′ 42′ p.	terr. ed accenno sismico

1878	Luglio	27	7.38′ 15′ (?)	terremoto
»	»	28	3.56′ 57″ p.	»
»	»	28	4.31′ 47″ p.	»
»	»	29	4.15′ a. circa	»
»	Agosto	8	1.00′ p.	agitaz. del pendolo autom.
»	»	8	1.15′ p.	terremoto
»	»	8	3.06 28″ p.	»
»	»	8	6.15′ p. - 7.15′ p.	agitaz. del pendolo autom.
»	»	8	8.10′ p. - 8.15′ p.	»
»	»	9	8.26′ a.	terremoto
»	»	10	8.01′ a.	»
	»	13	5.31′ 49″ a.	»
»	»	17	7.25′ 35″ p.	»
»	»	21	7.34 01″ p.	»
»	»	23	tra le 9.32′ a. e 12.35′ p.	»
»	»	26	2.02′ 56″ p.	»
»	»	26	3.25′ 15″ p.	»
»	»	27	6.11′ p.	»
»	Settembre	4	1.00′ p. circa	»
»	»	7	7.25′ 25″ a.	»
»	»	8	tra le 4.00′ p. e le 6.27′ p.	accenno sismico
»	»	10	4.00′ p.	ampia oscillaz. dell'Isosim.
»	»	10	7.49′ 24″ p.	terremoto
»	»	14	6.49′ 7′ a.	»
»	»	15	6.12′ 3″ p.	»
»	»	16	1.36′ 34″ (?)	accenno sismico
»	»	22	8.59′ 27″ a.	terremoto
»	»	23	7.34′ 46″ a.	»
»	»	23	9.23′ 19″ a.	»
»	»	29	2.32′ p. - 4.52 p.	»
»	Ottobre	2	6.43′ 16″ p.	»
»	»	12	3.53′ 43′ p.	»
»	»	14	7.34′ 51″ p.	»
»	»	31	prima delle 7.00′ p.	accenno sismico
»	»	31	9.40′ p. circa	terremoto
»	Novembre	9	6.47′ 43″ p.	»
»	»	9	6.48′ 40″ p.	»

1878	Novembre	9	7.36′ 50″ p.	terremoto
»	»	10	5.45′ a.	»
»	»	20	8.29 40″ a.	»
»	»	21	3.16′ p.	»
»	»	26	7.25 a. - 11.12 a.	»
»	Dicembre	5	10.49′ 09″ a.	»
»	»	5	11.30′ 46″ a.	»
»	»	6	2.19′ 02″ p.	»
»	»	6	4.46 p.	»
»	»	9	12.58′ 49″ p.	»
»	»	24	2.20′ p. - 4. 0′ p.	accenno sismico

Al solo riguardare il riferito specchio, si vede bene che esso esprime un fenomeno non un effetto del caso. Bene si scorge che questo fenomeno accompagna i periodi di terremoti, e che in quel tempo spesso fa le veci dei moti tellurici. Oltre a ciò esso predomina ogni anno durante uno o due mesi che sceglie fra il marzo ed il maggio ovvero al più ritardando entra nel giugno e nel luglio. Non essendo questo il luogo per esaminare la questione della stagione, mi limito a constatarne la relazione evidente col terremoto.

Fondandoci sopra questo fenomeno delle calamite, che diremo sismoscopiche, possiamo concludere senza esitanza, che l'azione magneto-sismica molte volte consiste in un'azione elettrica, che paralizza le calamite fisse artificiali e le costringe ad abbandonare il ferro sospeso dall'attrazione. Una seconda conclusione però discende dall'esame del quadro del Malvasia; ed è che cotesta alterazione magneto-sismica delle calamite può avvenire senza essere effetto diretto di una scossa tellurica; lo che mentre esclude il dubbio di una causa puramente meccanica e conseguente

la scossa nella produzione del fenomeno è un primo fatto, che dimostra poter avvenire fenomeni d' ordine magnetico dentro un periodo di fenomeni endogeni in sostituzione di taluno di questi.

§ 3. *Qualità delle perturbazioni magnetiche negli aghi durante i terremoti.*

Per proseguire l'analisi intrapresa dobbiamo esaminare più da vicino il fatto sopra accennato delle perturbazioni magnetiche accompagnanti i terremoti. Senza enumerare tutti i fatti registrati a caso nelle istorie dei terremoti, i quali vieppiù dimostrerebbero la verità e la somma frequenza di tali perturbazioni, osservo essersi verificato più volte che dove non giunge il terremoto vi arriva invece perturbazione magnetica. Cotesto fatto avviene non solo in regioni relativamente ristrette, come potrebbe essere l' Italia, quando fosse scossa nel suo settentrione e magneticamente perturbata nel mezzodì; ma avviene eziandio a distanze grandissime d'un intiero emisfero, come risulta da parecchie coincidenze osservate e calcolate in tempo assoluto fra terremoti americani e perturbazioni magnetiche europee. Pochi fatti sono noti su ciò: ma essi sono abbastanza conosciuti dai meteorologisti e moltissimi se ne potrebbero raccogliere facendo uno spoglio comparativo delle perturbazioni magnetiche e dei terremoti dei due emisferi. Dove non giunge l'onda sismica, ma perviene la perturbazione elettrica, questa assume necessariamente la forma di una manifestazione diretta del fenomeno endogeno.

Ma volendo più addentrarci nell'indagine di cotesta materia magneto-sismica, sembrami meritevole di considera-

zione la qualità della perturbazione, che accompagna i moti tellurici. Il Pilla osservò una perturbazione nella declinazione. Di questo medesimo genere sono la massima parte delle perturbazioni osservate dipoi, massime le recentissime da noi enumerate. Il Palmieri e lo Scacchi affermano che massime in precedenza delle scosse notarono in Melfi accrescimenti nell'angolo della inclinazione. L'Humboldt a Cumana osservò 48′ di diminuzione nella inclinazione, ed anche l'Arago ebbe agitazioni nel senso della inclinazione. Il Secchi in Norcia non ebbe risultati molto concludenti, ma riferisce che due volte vide prima della scossa aumentata l'inclinazione dell'ago. A me sembra che non si possa dubitare essere l'aumento della inclinazione il fenomeno magnetico più speciale ed interessante, che accompagna il terremoto. Molti sono oramai i casi, nei quali esso fu osservato; e se, come è evidente, riferiamo a quest'ordine di fenomeni l'inclinazione e perfino l'immobilità acquistata dagli aghi magnetici sia delle bussole ordinarie, sia dei galvanometri in coincidenza con le scosse di terremoto, la serie dei fenomeni d'inclinazione magneto-sismica diviene considerevole e concludentissima. Fu recentemente osservato alla Martinica in un giorno di terremoti, che a ciascuna scossa corrispondeva l'inchinarsi ed il puntarsi dell'ago galvanometrico verso terra [1]. Un fatto simile, riferito anche dal Serpieri [2], osservò un ingegnere occupato in operazioni geodetiche, durante le quali l'ago inclinossi e rimase immobile per qualche tempo, che poi seppe essere stato il

[1] V. Comptes rendus de l'Ac. des sciences 18 Ott. 1875. Bull. del Vulc. it. II, p. 84.

[2] Serpieri, l. c. pag. 63.

momento d'un terremoto da lui non avvertito. Ma generalmente non si è notato che cotesti fenomeni d' inclinazione dell'ago delle bussole sono assai più frequenti di quello che si crede, perchè sfugge agli osservatori meteorologisti. Le piccole bussole, che più dei magnetometri rivelano questi fatti, non fanno parte degli istrumenti da osservatorio. Nè perciò il fenomeno è men vero o è disprezzabile; tanto più che è chiara la ragione fisica di tale attitudine delle bussole piccole. È cosa già conosciuta dai fisici, che i piccoli aghi sono sensibili meglio dei magnetometri nelle burrasche di elettricità atmosferica e nei temporali. Del pari a me consta nella mia esperienza, che i piccoli aghi calamitati, in grazia io credo della loro minima massa e minimo peso, subiscono assai facilmente e spesso l'accrescimento visibile della inclinazione. Il medesimo mi viene riferito da parecchi osservatori; ed a ciò corrisponde la sensibilità testè riferita della piccola asticella calamitata del Malvasia.

Considerando l'insieme di questi fatti, allorchè nel 1876 avvennero copiosi terremoti in Corleone di Sicilia, i quali trovarono nell'ufficiale telegrafico di quel luogo un abile e passionato osservatore, io pensai esser giunta l' occasione di meglio verificare i fatti magneto-sismici. Quindi raccomandai al suddetto ufficiale sig. Francesco Paolo Crescimanno di non contentarsi di osservare il galvanometro dell'ufficio secondo il suggerimento del Serpieri, ed il prescritto dalla direzione dei telegrafi, ma di ripetere gli esperimenti del Ragona e di variarli anche in modi opportuni. Voglio riferire testualmente le lettere del Crescimanno, che descrivono i risultati ottenuti dalle esperienze suggeritegli.

« I galvanometri che ho, egli diceva, non sono delicati;
« e perciò per contentare i di Lei desiderii non che atte-
« nermi ai nostri regolamenti, che ci prescrivono di osser-
« varli in caso di fenomeni, ho cercato di renderli quanto
« più ho potuto sensibili. Uno lo lasciai sulla linea telegra-
« fica sospesa, un altro lo misi per ambedue i rami in
« comunicazione col suolo: ossia l'uno dei fili attaccato ad
« una barra di ferro immersi ad una certa profondità nel-
« l'acqua di un pozzo abbastanza fondo, l'altro filo poi fo-
« rando un buco lo immersi a bastante profondità diretta-
« mente nel suolo. Cosi disposti gli apparecchi ho osser-
« vato che il galvanometro comunicante colla linea telegrafica
« sospesa non ha dato da principio verun segno, abbenchè
« talune scosse siano avvenute durante la trasmissione di
« telegrammi; la quale operazione neppure è stata meno-
« mamente alterata. A tal difetto di perturbazione suppongo
« abbia concorso la cattiva qualità del galvanometro, ma
« da altra parte io penso che la elettro-calamita avrebbe
« dovuto risentirsene ed alterare la trasmissione telegra-
« fica, tranne il caso che la debolezza delle correnti ter-
« restri sia stata tale da far rimanere quelle neutralizzate
« dalla spirale della macchina Morse.

« Per contrario il galvanometro messo da me in comu-
« nicazione col suolo nel modo prima descritto, mi ha dato
« i seguenti risultati. Premetto che dopo collocato il gal-
« vanometro due sole scosse sono state avvertite alquanto
« sensibili, le altre essendo state leggerissime. Si nell' una
« che nell'altra osservai il polo australe abbassarsi verso
« il suolo dopo una serie di oscillazioni verticali, restando
« fermo in abbassamento per quasi 4", indi tornare in oscil-
« lazioni verticali nuovamente, rimettersi nel piano dell' o-

« rizzonte con cui avea formato angolo ed oscillare in senso « orizzontale tra 0° e 5°, e dopo 10″ arrestarsi a 0° gra- « datamente restringendo le oscillazioni. La posizione del « galvanometro inserito nel suolo per ambedue i capi non « mi permette distinguere la qualità di corrente che abbia « attraversato i fili; ma siccome il polo australe deviava « da Nord ad Est nelle oscillazioni orizzontali, e simile « deviazione mi dava il galvanometro nell' immissione di « corrente positiva alla macchina, è probabile che la cor- « rente tellurica sia stata positiva. Aggiungo poi che le « scosse, durante le quali vidi le perturbazioni galvanome- « triche, ebbero la direzione di E.-O.; non potè quindi il mo- « vimento dell' ago esser prodotto meccanicamente dalla « scossa, mentre in questo caso avrebbe dovuto muoversi « in senso inverso.

« Dopo questi primi risultati ho ripetuto le osservazioni; « e nelle scosse forti ho sempre osservato le deviazioni « dell'ago da Nord ad Est, ma non più l'abbassamento del « polo australe. La deviazione ha raggiunto un massimo di « otto gradi secondo la graduazione delle nostre bussole te- « legrafiche.

« Finalmente il giorno 9 luglio 1876 alle ore 8.35 pome- « ridiane allorchè avvenne una scossa si trasmetteva un « dispaccio a Palermo. Si interruppe subito la trasmissione, « dando a Palermo il segnale prescritto: — *terremoto ter- « remoto terremoto.* — Palermo non può comprenderlo per « forte aumento di corrente e risponde: — *alzate tasto, cor- « rente troppo forte.* — Si alza il tasto, si ripete il segno; « e nè anche questa seconda volta esso è compreso. Al- « lora si esclude la linea Palermo e si include il galvano- « metro sulla linea Prizzi. Il galvanometro oscillò per 7″ in

« senso verticale e ritornò quieto dopo 15". Dico sette se-
« condi, perchè per questo tempo l'oscillazione fu marca-
« tissima, ossia con maggiore inclinazione del polo austra-
« le; dopo di che divenne essa appena percettibile. Fu an-
« che notato che mentre si davano a Palermo i segnali
« prescritti del *terremoto*, e Palermo rispondeva come si è
« detto, l'oscillazione dell'ago era pochissima e minore della
« consueta suscitata dalla ordinaria corrente voltaica, quan-
« tunque le correnti qui ed a Palermo risultassero for-
« tissime.

« Tanto in Corleone quanto a Palermo eravamo a ca-
« polinea; la corrente quindi che si emetteva sul circuito
« era positiva da ambo le parti; si suppone perciò che nel
« momento della scossa la linea telegrafica sia stata per-
« corsa da corrente positiva tellurica, che riforzava la cor-
« rente positiva voltaica.

« Già in precedenza della scossa Palermo cominciò a ri-
« cevere male i segnali telegrafici di Corleone, mentre po-
« chi minuti prima avea ricevuto bene. La detta stazione
« era obbligata a chiedere soventi ripetizioni sempre per
« alterazioni di corrente, che ad intervalli si manifestava
« più forte. »

Questa bella serie di osservazioni diligenti fatte dal Crescimanno mi dispensa dal riferirne altre; e bastano le cose dette per concludere con ogni certezza, analogamente a ciò che il Ragona avea già notato, che nell'atto del terremoto partono correnti elettriche dal suolo verso l'atmosfera.

§ 4. *Il disturbo nervoso degli animali ed il fuoco di S. Elmo identificati colle perturbazioni magneto-sismiche.*

Alle suddette correnti assai ragionevolmente il Serpieri attribuisce il presentimento del terremoto che hanno gli animali. Infatti non mancano osservazioni sull'impressione subita anche dagli uomini sensibili, che confermano dover essa essere cagionata da un efflusso di elettricità, che salendo dal suolo investe i nostri organismi. Lo stesso Serpieri riferisce la testimonianza desunta dal Perrey ed a costui diretta dal sig. Duval, il quale trovandosi nel 1847 a Valenza durante un terremoto mediocre provò una singolare sensazione da lui medesimo così descritta. « Mi sem-« brava che un fluido corresse per le mie braccia e per le « gambe, turbandomi il sistema nervoso.... Il mio primo giu-« dizio sulla sensazione fu di aver subito un disturbo elet-« trico: ed anche dipoi ho così pensato che fosse. »

A me stesso è avvenuto una volta nel 1867 di trovarmi in Frascati allorchè avvenne un terremoto sensibile ma leggero. Io era alla tavola da pranzo con gli altri di famiglia: ed all'arrivo della scossa tutti contemporaneamente sentimmo distintissimamente diffondersi una impressione speciale nelle gambe appunto come di fluido elettrico sollevantesi dal suolo.

Merita speciale ricordo in questa materia ciò che il P. Serpieri scrivevami appena provati gli effetti del grande terremoto della notte del 18 Marzo 1875 in Urbino. « Io mi era, « dice egli, non so come destato un minuto innanzi che ve-« nisse il terremoto. Qualche alterazione certo mi sorpren-« deva per farmi desto appunto in quel momento. Venne il

« terremoto e poco dopo il telegrafista Luigi Agosti, egregio
« gentilissimo impiegato, si mise in relazione diretta con
« Ancona. Ora quando Ancona taceva, notò con sorpresa
« che l'àncora era improvvisamente a brevi intervalli at-
« tratta; precisamente come spesso accade durante un tem-
« porale. Non trascurò di prender nota del bel fenomeno e
« di farci diligente attenzione per restarne ben persuaso.
« Inoltre osservò il galvanometro e vide l'escursione di circa
« 4 gradi ogni volta che la macchina dava quei colpi. La
« deviazione era dalla stessa parte dove va l'ago, allorchè
« invia qualche dispaccio. »

Intorno al fenomeno del destarsi improvviso nella notte in coincidenza con scosse anche lontane e non avvertite ho io raccolto moltissime notizie; ed è un fatto, della frequenza del quale non si può dubitare. Anche altri generi di disturbi d'indole manifestamente elettrica avvengono ad occasione dei terremoti alle persone sensibili, senza che avvertano il terremoto. Di ciò sono piene le istorie descrittive di cotesto fenomeno.

Senza accrescere anche su ciò l'enumerazione dei fatti osservati, sembrami dal detto fin qui assai giustificato ciò che io scrissi nel *Bullettino del Vulcanismo italiano* a proposito di un fuoco di Sant'Elmo osservato a Monte Cassino, durante il quale gli animali si inquietarono come per il terremoto; e che coincidette con burrasche atmosferiche e sismiche straordinarie, non che con perturbazioni magnetiche locali e lontane. Io ne tolsi occasione per identificare la manifestazione evidentemente elettrica del fuoco di S. Elmo con l'altra, allora non abbastanza accertata per tale, della convulsione provata dagli animali. Ecco la descrizione del citato fenomeno di M. Cassino inviatami dal Prof. Camposeo e l'analisi che io vi aggiunsi.

« Nel giorno 27 febbraio, circa le ore 5 pomeridiane cominciò a spandersi della nebbia su Monte Cassino e sulla pianura sottoposta; verso le 7 $^1/_2$ la nebbia era molto densa; alle 8 acqua dirotta. A quest'ora la bussola del telegrafo cominciò ad oscillare ed il telegrafista nel trasmettere un dispaccio a Cassino, vide l'ago della bussola segnare da 45 a 50 gradi di corrente, mentre ordinariamente ne segna da 20 a 25: e nelle altre volte che vi è stata la nebbia, ha osservato sempre dispersione di corrente. Fece domandare al telegrafista di Cassino se osservasse nulla nelle sue macchine, rispose che nel parafulmine della macchina che sta in corrispondenza con Roma avvenivano delle piccole scariche elettriche. Alle 8 $^1/_2$ le scariche avvenivano sul parafulmine della linea di Napoli e poi su quello della linea di Atina, che sta alle falde della catena degli Appennini, e le scariche erano così forti, che alle 8 40 dovette escludere le macchine e mettere i fili in diretta comunicazione col suolo. A quest'ora dovette escludersi anche la macchina di Monte Cassino per le forti e continue scariche.

« Alla pioggia si unì un fortissimo vento con molta grandine, e lampi, e tuoni in molta lontananza. Tutto ciò durò circa 40 minuti. Osservai che il parafulmine situato sulla cupola della chiesa era illuminato da luce fosforescente; e non solo la punta, ma anche l'asta ed una porzione della catena. Questo fenomeno principiò alle 8,45 e finì alle 9,50. Sulla punta degli altri dodici parafulmini non si vide nulla. Però è da notare che il parafulmine della cupola si eleva molto al di sopradegli altri.

« Appena la nebbia si diradò il fenomeno scomparve benchè continuasse a piovere: alle 10 15 finì la pioggia; alle 11 $^1/_2$ il cielo era stellato. La mattina seguente osservai il parafulmine del telegrafo e vidi che le punte aveano perduto la

doratura e che vi erano dei segni a *zig-zag* sulla lamina che comunica col suolo.

« I contadini delle masserie che sono qui presso mi dissero, che una mezz'ora prima che cominciasse la grandine i buoi muggivano tanto da far paura; e faceano ogni sforzo per isvincolarsi. Questo fenomeno del *fuoco di Sant'Elmo* è la prima volta che si è osservato qui sopra dal 1828, epoca in cui furono messi i parafulmini. »

Due fatti sono da notare in questo fenomeno, che interessano le nostre ricerche. Il primo si è che nelle masserie fu notato grande disturbo negli animali, che, come ci vien descritto, sembra simile all'avvertito da essi prima dei terremoti. Ciò avvalora di molto l'idea del Serpieri e mia, che cioè il famoso presentimento del terremoto osservato negli animali sia un fenomeno puramente elettrico procedente dall'efflusso di questo fluido nell'atto della scossa dalla terra verso l'atmosfera. Il riveder questo fenomeno fisiologico durante una vera tempesta di elettricità atmosferica sembra giustificare la predetta interpretazione. Il secondo fatto poi rischiara il primo e ne conferma l'applicazione testè fattane. Io trovo molte tracce del *fuoco di S. Elmo* nei luoghi e nei periodi di terremoto. Segnatamente nel terremoto di Albano presso Roma del 1829 descritto dal Bassanelli assai ricca è la serie dei fenomeni elettrici, che apparvero nei mesi che durò il flagello. Sopra tutti era frequente il *fuoco di S. Elmo*. Giacchè quantunque il Bassanelli non lo descriva con questo nome, ne è chiara l'identità [1]. Egli stesso paragona i suoi fenomeni con gli osservati in Calabria: cioè i pali o punte di ferro conficcate nel suolo

[1] Bassanelli. Lett. sul terr. di Albano. *Giorn. Arcadico.* T. 44.

che spesso vedevansi durante i periodi sismici sormontate da una fiammella. Dunque il *fuoco di S. Elmo* è talvolta comparso col terremoto; ed ora vediamo che il *fuoco di S. Elmo* come il terremoto disturbano similmente gli animali. È quindi evidente una relazione ed una connessione fra questi due fenomeni. Oltre a ciò non sarà senza importanza che il lettore confronti i disturbi osservati nell'ufficio telegrafico di Cassino durante la tempesta elettrica ora descritta, con i similissimi disturbi osservati ad Urbino nel terremoto del 18 marzo 1875 narratoci dal Serpieri. L'analogia è tale, che rivela vieppiù la connessione predetta.

Esaminando poi bene i racconti anche talvolta esagerati e svisati dei fenomeni osservati nei terremoti, non può non rimanere la persuasione che il fuoco di S. Elmo, ossia la fiammella elettrica manifestante un efflusso di elettricità terrestre verso l'atmosfera nei casi di terremoto è un fatto certissimo ed universalmente avverato. Anzi nel caso di Monte Cassino, che certamente non sarà isolato, abbiamo un dato per concludere, circa il fuoco di S. Elmo, quello stesso che abbiamo constatato nelle altre forme di fenomeni elettrosismici, che cioè anche il fuoco di S. Elmo può considerarsi come manifestazione diretta dell'attività endogena, mentre ne assume certi caratteri quale è quello del disturbo degli animali e coincide nel periodo con agitazioni sismiche tanto localmente quanto altrove sperimentate.

§ 5. *Le perturbazioni magnetiche nei piccoli terremoti.*

È d'uopo aggiungere due riflessioni che mi sembrano di grande rilievo nell'investigazione che facciamo dei fenomeni elettrosismici. La prima si è che tutti i fenomeni finora

esaminati si identificano nel grande fatto della corrente elettrica tellurica diretta verso l'atmosfera nel terremoto; e la seconda che tale corrente si verifica non solo nelle grandi scosse, ma eziandio nelle leggiere e perfino nelle insensibili. Il primo punto è già chiaro di per sè, e lo diverrà vieppiù nel seguito del ragionamento. Il secondo però ha bisogno di essere meglio dimostrato innanzi di più procedere nell'analisi intrapresa.

Prima di tutto ricordo il fatto già sopra accennato delle perturbazioni magnetiche, che giungono assai più lungi dal centro sismico d'onde partono di quello che le onde meccaniche dello scuotimento. Questo fatto che si è verificato nei magnetometri si manifesta anche nei disturbi nervosi osservati negli animali e negli uomini in regioni non urtate dal terremoto ma in coincidenza con questo. Ecco adunque un primo caso di alterazione elettrica perfino disgiunta dal terremoto. Ma può dirsi che essa fu cagionata da scossa di molta forza e solo ne oltrepassò le onde solide della crosta. Ma ho pur riferito di sopra che il Bertelli osservò molto spesso la coincidenza delle oscillazioni microscopiche dei pendoli con le perturbazioni magnetiche. In questo genere un bel fatto si presentò alla sagace indagine del signor Angelo De Andreis in Civitavecchia.

Era il mattino del 4 agosto, la pioggia cadeva a torrenti, mare burrascoso; lampi e tuoni spaventevoli e frequentissimi; vento dominante S.-E. impetuoso: il De Andreis avea, per una certa osservazione del tutto estranea alle sismometriche, circondato di filo di rame finissimo coperto di seta una vecchia bussola marina, ed avea posto un capo del filo di rame in comunicazione con una punta di ferro sospesa da un lungo bastone fuori di una loggia, e l'altro

capo in contatto col suolo. Non ostante tanta elettricità accumulata, la rosa dei venti della bussola non dava segni di elettricità ed era immobile.

Verso le 3 di sera mentre il cielo era tuttora coperto e pioveva leggermente con vento e mare non più tanto minacciosi, il De Andreis stava intento alla solita osservazione del pendolo che si agitava fortemente. Si volge ove teneva la bussola e si avvede con somma sorpresa mista ad un certo timore, che la magnete era perturbata e sensibilmente si discostava dal suo meridiano magnetico. Cercò allora conoscere la tensione e la qualità dell'elettro; ma gli fu impossibile attesa la poca sensibilità della magnete e la mancanza di un istrumento atto a tali osservazioni.

Dopo qualche minuto, quasi ad un tempo, pendolo e rosa dei venti tornarono allo stato di perfettissima quiete. Tolse subito le comunicazioni temendo una forte scarica.

Una vera serie di osservazioni magneto-microsismiche venne sotto gli occhi del conte Giovanni Mocenigo di Vicenza, mentre questi era intento ad indagini sperimentali non dirette a scopo sismologico. Si occupava egli delle ricerche sulle variazioni prodotte dal cambiamento di temperatura nelle correnti elettriche suscitate dalla termopila di *Marcus*. In seguito a tali suoi studii il conte Mocenigo fu il primo che scoprì il fenomeno principale ed essenziale del microfono; cioè le alterazioni della corrente elettrica visibili nel galvanometro prodotte da vibrazioni meccaniche impresse con leggeri colpi sui reofori e sull'apparecchio delle pile. Ma siccome l'apparecchio del signor conte Mocenigo agiva continuamente, egli potè avvedersi che alcune alterazioni pure visibili nel galvanometro e del tutto simili alle artificiali cagionate dai colpi sui reofori, avvenivano

spontaneamente in forza di una causa ignota. Vi erano ancora alterazioni prodotte senza dubbio dai cambiamenti di temperatura nel corso della giornata; ve ne erano di quelle che coincidevano con vere perturbazioni magnetiche; ma ve ne erano altre, che certamente non aveano relazione alcuna coi fenomeni conosciuti, eccetto che si trovavano talvolta in qualche coincidenza con le tempeste barometriche.

In seguito di ciò io consigliai al signor conte Mocenigo di intraprendere uno studio comparativo fra queste perturbazioni spontanee e misteriose delle correnti elettriche del suo apparecchio, ed i movimenti microscopici del suolo. Il fatto già osservato dal Mocenigo, della coincidenza cioè di tali perturbazioni colle tempeste barometriche sembravami presentarci un primo punto di analogia tra le alterazioni della termopila e le burrasche microsismiche; perchè queste pure accompagnano generalmente le variazioni della pressione atmosferica. Del resto le perturbazioni prodotte artificialmente per mezzo di meccaniche vibrazioni impresse all'apparecchio, avvenendo nell'identica maniera per fatto di una causa naturale, parvemi dovessero far logicamente sospettare, che un movimento di vibrazione microscopica degli strati della crosta terrestre sia capace di produrre lo stesso fenomeno. Di fatti la lunga esperienza che abbiamo dei fenomeni elettrici e magnetici coincidenti coi terremoti ci permette di credere che questa corrente terrestre perturbata possa essere almeno in parte anche l'effetto delle vibrazioni meccaniche prodotte nelle rocce dai movimenti sismici.

Negli esperimenti poi del conte Mocenigo io intraveggo anche la spiegazione del fenomeno tanto misterioso e tanto noto delle perturbazioni galvanometriche, che in occasione di terremoti sono sempre osservate nelle stazioni telegra-

fiche. In questi casi la vibrazione meccanica degli strati sarebbe la causa delle alterazioni delle correnti elettriche terrestri come, secondo ciò che si è detto, lo sarebbe anche nei movimenti microscopici del suolo. Cotesta novità a mio credere è divenuta visibile per la prima volta nell'apparecchio della termopila del chiarissimo signor conte Mocenigo.

Come vede qui il lettore, furono le sperienze del Mocenigo che mi suggerirono cotesta probabile spiegazione della causa od almeno di una delle concause della perturbazione tellurica elettrica accompagnante le scosse di terremoto [1]. Il Serpieri ne propose un' altra, che nel fondo coincide con la mia; solo differisce nel considerare più specialmente l'azione dei gas. Egli attribuisce l'efflusso elettrico, talvolta verificato nei terremoti, ad un fenomeno analogo a quello della macchina *armstrong*, nella quale il getto di vapore genera la corrente elettrica. La spinta dei gas erompenti dal suolo nei terremoti sarebbe, secondo il Serpieri, il giuoco della gigantesca macchina *armstrong* tellurica [2].

Non occorre quasi far notare al lettore che tali interpretazioni debbono esser applicate soltanto alle perturbazioni elettriche contemporanee o quasi contemporanee coi terremoti e non già a quelle che li precedono d'un tempo notabile come la osservata dal del Verme due ore prima della scossa e le osservate alla Martinica tre quarti innanzi il movimento del suolo. In questi casi la perturbazione prende le forme di manifestazione diretta dell'interno agente come abbiamo più volte ripetuto.

Ma qualunque poi sia il valore di queste ipotesi relative all'origine, delle quali non è questo il luogo di trattare, at-

[1] V. *Nature*, 13 luglio 1878.
[2] Serpieri. L. c., pag. 41.

tenendoci al semplice fatto dobbiamo riconoscere nelle esperienze del Mocenigo una conferma molte volte ripetuta di burrasche elettriche accompagnanti anche le minime vibrazioni del suolo. Infatti in più lettere il medesimo fisico mi assicurò aver notato spesse volte la coincidenza delle suddette perturbazioni galvanometriche con i movimenti del pendolo sismografico, mentre niuna menoma scossa era avvertita da chicchessia. Dunque possiamo stabilire senza tema di errare, che anche le piccole oscillazioni della terra sono spessissimo accompagnate da correnti elettriche dirette dal suolo all'atmosfera.

§ 6. *L'inclinazione magnetica nei periodi sismici e nei vulcani.*

Abbiamo fin qui esaminato e percorso varie forme di perturbazioni, che ho appellate magneto-sismiche e burrasche elettro-sismiche, cioè rilasciamenti delle calamite, straordinarie inclinazioni degli aghi magnetici, variazioni della declinazione nei medesimi, fuochi di S. Elmo ossia fiamme elettriche sulle punte, disturbi nervosi negli animali. Abbiamo pure constatato che l'insieme di questi fatti diversi può essere identificato in un solo manifestante uno speciale efflusso di elettricità proveniente dalla terra verso l'atmosfera. Ma abbiamo pur detto che il fenomeno della inclinazione e quello del rilasciamento delle calamite meritavano una speciale considerazione ed analisi.

Quanto ai disturbi della inclinazione, parecchi punti sono da esaminare, dei quali poscia troveremo taluno aver relazione anche col fenomeno delle calamite. Prima di tutto osservo che l'inclinazione accresciuta con evidente legame

verso le azioni endogene del pari che gli altri fenomeni elettro-magnetici, si è verificato sostituirsi ai fenomeni interni e rendersi così anch'essa una diretta manifestazione di quel genere di forze. Il Secchi a Norcia, come già si è detto, volle verificare se secondo l'asserto del Palmieri l'inclinazione dell'ago si fosse turbata prima delle scosse; due volte sorprese cotesta successione, ma molte più volte vide avvenire il fenomeno della inclinazione senza che seguisse la scossa [1]. Egli essendo fisso nell' idea di verificare se l'inclinazione fosse un segno precursore del terremoto, vistane la incertezza sospese il giudizio, ma non pensò che il fenomèno della inclinazione, non seguíto da terremoto sensibile, poteva esserlo stato da uno insensibile. Le considerazioni testè fatte sulle osservazioni massime del Mocenigo ci autorizzano a tale interpretazione. Oltre a ciò nulla osta a credere, dopo quanto abbiamo rinvenuto, che la inclinazione turbata ed accresciuta spesso durante il periodo sismico di Norcia, abbia talvolta fatto le veci dello scuotimento in forma di manifestazione endodinamica diretta.

Un secondo punto da fissare nel nostro esame dei disturbi magnetosismici della inclinazione è che quantunque quasi sempre si verifichi un' alterazione nel senso di accrescimento d'inclinazione, vi sono esempi del contrario. L'Humboldt nel terremoto di Cumana osservò una diminuzione di angolo del valore di 48'. Il Sarti ci narra qualche fatto consimile e specialmente quello del ripiegamento in alto della sabbia ferrea pendente dalla calamita. Anzi in questi casi speciali aggiunge, che la declinazione alteravasi piegando verso l'ovest e nòn già verso l'est, come è il caso più frequente.

[1] L. c. pag. 26.

A questi fatti che sono sempre eccezionali in proporzione di numero verso i casi di accrescimento, trovo corrispondere ciò che fu osservato nel tunnel del Moncenisio dalla Commissione scientifica italiana nella seduta preliminare, che disgraziatamente fu l'unica, per le indagini da istituire in quella galleria [1]. La Commissione osservava i suoi istrumenti magnetici, mentre avvenne un terremoto artificiale e fortuito, che agiva però come forza esterna verso l'interno. Tale terremoto fu il passaggio d'un treno; da tale scossa gli istrumenti magnetici non subirono altro disturbo che una perdita di 9′ nell'angolo della bussola d'inclinazione. Questo casuale esperimento non deve esser dimenticato negli studii sismologici. Per ora io ne traggo soltanto, che i disturbi magneto-sismici della inclinazione, quantunque il più delle volte si verifichino nell'aumento dell'angolo, talvolta possono appunto per effetto della scossa divenire rovesci, cioè presentare diminuzioni del medesimo.

Ma in questa materia della inclinazione sembrami più importante il prendere ad esame siffatto disturbo occasionale in relazione coll'andamento generale massime topografico del fenomeno della inclinazione conosciuto per gli studii del magnetismo tellurico. È cosa notissima che la inclinazione magnetica varia nei diversi luoghi non solo in ragione della latitudine, ma eziandio in ragione della natura degli strati terrestri. Dove questi abbondino di materie ferruginose, la inclinazione viene accresciuta oltre il dovuto al grado di latitudine. È in ciò per consenso generale dei dotti riconosciuta la causa della inclinazione eccessiva verificatasi nelle regioni vulcaniche. Le lave ed i tufi vulca-

[1] *Ann. scient. ital.* An. VIII, p. 68.

nici essendo eminentemente ferruginosi, sembrano rendere ragione sufficiente del fenomeno della maggiore inclinazione degli aghi magnetici. Ma io vorrei su questo punto vedere istituite ricerche speciali di maggiore precisione, dalle quali sospetto che risulterebbe non esser l'indole ferruginosa delle rocce l'unica e principale causa per la quale sui vulcani la inclinazione è maggiore che nelle altre regioni. Le masse ferruginose infatti già talvolta si è osservato non agire sugli aghi quanto si sarebbe creduto e preveduto. Una prova ne ebbero gli scienziati medesimi, che istituirono indagini magnetiche nel mezzo del tunnel del Moncenisio [1]. Ma occupandoci ora solo dei vulcani, basti l'esame del quadro delle inclinazioni del Circondario di Roma redatto dal Secchi, confrontandolo con la qualità delle rocce e degli strati locali [2].

Inclinazione (settembre 1859).

Roma . . . . 59°. 12'.1 A s. Sabina in aperta campagna, più al sud dell'Osservat. di m. 1853 e più all'est di m. 218.

Frattocchie . . . . 60°. 13'.7 Al capo della via Appia contro il monumento termine della base; sopra una corrente di lava, long. 8'.5 est; Lat. 41°.46'. Le longitudini sono contate dall'Osservatorio del Coll. Rom.

Monte Cavo . . . 62°. 50'.2 Sul piazzale contro la porta della Chiesa verso Rocca Priora. Long. 13'. 44": Latitudine 41°. 45'. 4.

Galloro . . . . . . 59°. 22'.8 Al fine del viale della vigna sotto la casa verso il mare. Long. 11'.5 est: Lat. 41°.43'.5.

Porto d'Anzio . . 58°. 43'.5 Sulla terrazza della casa del sig. Pollastrini. Long. 9'. est: Lat. del 41°. 24'.

S. Pastore . . . . 59°. 31'.6 Al lato nord-est di M.e Cavo presso gli Ap-

[1] Denza. *Annuario scientif.* Ann. VIII, pag. 63.
[2] Secchi. *Escursione a Norcia*, ecc., pag. 27.

		pennini di Palestrina. Long. 21'. est: Latitudine 41°. 51'. 5.
Spoleto	59°. 47'. 3	Nell'orto del Collegio, altitud. 305ᵐ. Long. 10'. 54 est: lat. 42°. 44'. 4.
Norcia	59°. 56'. 3	Nell'orto della casa Cipriani, altitud. 592ᵐ. Long. 36'. 43 est: Lat. 42°. 47'. 27.
Fosso di Pattino	59°. 58'. 3	A due miglia nord-est di Norcia.

In questo confronto il Secchi si accontentò facilmente sopra un esame grossolano dello stato geologico della contrada. Ma pure pigliando i dati, sui quali egli stesso pose mente, sembranmi le conclusioni del Secchi dover esser modificate. In primo luogo i due massimi accrescimenti della inclinazione dal Secchi riconosciuti anormali sono sopra due punti molto caratteristici relativamente alla attività del vulcanismo. L'uno è al Monte Cavo, cioè sul cratere centrale del sistema vulcanico laziale, dove trovò tre intieri gradi di inclinazione anormalmente accresciuta; l'altro è alle Frattocchie presso una frattura principale dello stesso sistema, e precisamente presso una solfatara tuttora manifestante una qualche attività, dove rinvenne un grado più del dovere.

Vero è che alle Frattocchie il Secchi situò gli istrumenti sopra una potentissima corrente di lava, che fra le rocce vulcaniche suole essere la più ferruginosa e talvolta perfino dotata di magnetismo: al Monte Cavo poi si trovò sopra un cumulo di scorie conosciute per magnetiche. Ma anche dato tutto ciò se il fenomeno della inclinazione a pari latitudine seguisse unicamente il grado di presenza del ferro nelle rocce vulcaniche, la differenza che poi si scorge nello stesso quadro del Secchi tra i due citati luoghi ed altri non dovrebbe essere tanto elevata quanto è nel fatto. Per esempio non è concorde con l'attrazione supposta degli strati la poca inclinazione di Galloro, luogo situato anche più delle

Frattocchie nel mezzo delle formazioni vulcaniche. La inclinazione di Galloro è determinata dal Secchi poco superiore a quella di Roma e di due gradi e mezzo inferiore a quella di Monte Cavo; mentre secondo la teoria degli strati avrebbe dovuto eguagliare seppure non avesse dovuto superare quella delle Frattocchie per la prossimità di grandi cumuli di lave. D'altra parte se l'inclinazione di Galloro in confronto con quella di Monte Cavo e delle Frattocchie riesce troppo debole, io trovo poi troppo grande quella di S. Pastore, che quasi pareggia l'indicata di Galloro; mentre S. Pastore è luogo soggetto assai più all'influenza degli strati calcari, di quello che dei vulcanici. S. Pastore invece analogamente alle Frattocchie risiede sui labbri di una grande frattura collegata al sistema vulcanico laziale, che si introduce fra gli Appennini. Il Secchi poi trova regolare la inclinazione minima di Porto d'Anzio, perchè luogo abbastanza lontano dalla massa dei tufi vulcanici; ma io osservo che a Porto d'Anzio invece delle rocce vulcaniche dovrebbero agire sull'ago le arene della spiaggia sottile marina eminentemente ferruginose.

E qui credo opportuno osservare che, se non erro, tali anomalie nella inclinazione permanente si trovano anche fuori del terreno vulcanico. Ponendo solo a confronto un certo numero di determinazioni non distanti fra loro di più anni, fatte nell'alta e media Italia dal Kämts, ed altre fatte in Francia dal P. Perry, veggo in generale, che in molti luoghi tenuto conto come si deve della latitudine la inclinazione trovasi aumentata fuori di misura e senza il terreno vulcanico immediato [1]. Possono bensì tali eccessi

[1] *Annuario scientif. italiano.* Ann. VII, pag. 630 e seg.

venire da altre rocce ferrifere e forze massime dai filoni di questo metallo. Ma io veggo in generale che gli eccessi cadono sempre in regioni eminentemente consperse di manifestazioni endogene, come è per esempio la regione dei Bassi Pirenei in Francia; e per converso trovo le minori inclinazioni nei luoghi lontani da siffatte manifestazioni. Con questo generale colpo d'occhio non intendo formolare una legge, ma un semplice sospetto che a mio credere addita un punto meritevole di studio speciale.

Siffatta conclusione si rende vieppiù giustificata, se torniamo a volger l'occhio al quadro sopra riferito del Secchi ed in particolare alle inclinazioni osservate in Norcia e nei suoi contorni durante il periodo sismico. Qui mi sembra vedere gli indizi quantunque languidi, però abbastanza chiari dell'essere stato allora quel luogo non punto vulcanico sottoposto alla inclinazione esagerata come i vulcani. Il Secchi trova presso Norcia accresciuta veramente oltre il dovere la inclinazione nel Fosso di Pattino, che era riconosciuto dall'esperienza per il centro dell'attività endogena; ed è (ciò che il Secchi non conosceva) l'asse della frattura geologica principale della regione, che è perciò la sede od il radiante locale dei terremoti [1]. L'illustre astronomo non trovando in quella differenza un eccesso straordinario, volle attribuirlo parte ad errore di lettura e parte alla piccola diversità di posizione geografica di quel fosso verso quella di Norcia. Comparando poi la inclinazione trovata in Spoleto con quella di Norcia, e trovandovi 9′ di aumento in Norcia, il Secchi l'attribuisce alla sola differenza di posizione

[1] Della influenza ed importanza delle fratture geologiche del suolo nei terremoti verrà poscia il discorso nel capo II e seg. del libro II.

geografica. Ma io comparando questa differenza con le altre inclinazioni suddette e determinate recentemente in altri punti d'Italia, la direi invece esageratissima. Così in vista di tutto il complesso dei fatti sopra esposti io trovo tanto per il fosso Pattino, quanto per Norcia una analogia geologico-topografica con gli altri punti sia citati nel quadro stesso del Secchi, sia da me chiamati a confronto, nei quali l'accrescimento della inclinazione si verifica mai sempre sui crateri o sulle fratture, ossia nei luoghi dove l'influenza dell'interna attività tellurica deve essere più immediata.

Da tutto ciò risulta, che sarebbe studio di importanza capitale la revisione delle citate differenze di inclinazione magnetica e la determinazione di molte altre in ordine alla struttura geologica della regione nostra laziale e di ogni altra contrada. Ma intanto stando anche solo al fatto bene accertato ed universalmente riconosciuto dai dotti, che l'inclinazione aumenta sui vulcani, non posso astenermi dall'osservare che cotesto fenomeno ha grande analogia col fatto identico dominante dovunque (sia pure saltuariamente) durante i periodi sismici. Allora lo stato direi quasi dinamico temporario della regione invasa dal periodo sismico, deve essere analogo al dinamico permanente dei vulcani, se i fenomeni che ne conseguono sono i medesimi. Ed in ciò il magnetismo seguirebbe l'esempio di tutti gli altri fenomeni d'indole vulcanica, i quali avendo stanza propria e fissa nei vulcani, la eleggono temporariamente in qualunque contrada afflitta da una serie di terremoti.

Cotesto concetto relativo ad uno stato dinamico temporaneo a me sembra non solo giustificato, come ho detto, dai fenomeni d'indole eruttiva che si manifestano nelle regioni non vulcaniche in coincidenza coi periodi sismici; ma

eziandio dagli stessi fenomeni elettrici diversi dalla inclinazione magnetica, che allignano quasi in permanenza nei tempi e nei luoghi travagliati dalle scosse di terremoto.

Abbiamo sopra abbastanza chiarito, consentendo anche coll'opinione del Serpieri, che i disturbi nervosi degli animali nei terremoti debbono avere una origine nelle alterazioni elettriche del suolo. Possiamo adunque identificare l'osservazione diretta del fenomeno tellurico elettrico coll'osservazione dello stato generale nervoso delle popolazioni e del bestiame nei periodi sismici, in guisa che l'uno supplisca alla mancanza di osservazioni dell'altro. Questo stato quasi patologico fu notato più volte nei periodi sismici ed anche recentemente in Alvito nel luglio e agosto 1873 [1]. Ma sopratutto fu diligentemente osservato dal Bassanelli medico di Albano nei cinque mesi, durante i quali il terremoto afflisse quella contrada [2]. Anzi il medesimo sagace naturalista congiuntamente ad altri fisici constatarono con speciali studii il particolare stato elettrico dell'atmosfera locale in quel tempo osservando la facilità colla quale generavansi improvvisi turbini e temporali e nubi localizzate nell'area urtata dalle convulsioni del suolo. Con questi dati concordano parecchie delle proposizioni sopra riferite e constatate dal Palmieri e dallo Scacchi nel terremoto di Melfi, cioè: *frequenza di elettricità negativa a cielo sereno; alternative frequenti ed inusitate della elettricità senza nuvole e senza pioggia, elettricità atmosferica quasi in condizioni dinamiche;* e finalmente la più importante nel caso nostro; cioè: *quando l'elettricità atmosferica prendeva il suo anda-*

[1] *Bullettino del vulcanismo italiano.* An. I, p. 57.

[2] Bassanelli. Lett. sul terr. di Albano. *Giorn. Arcad.* Tom. 44.

mento ordinario la terra restava in quiete per parecchi giorni.

Ognuno vede che in questo complesso di fatti relativi all'elettricità atmosferica messa in eccitazione dai terremoti può trovarsi la spiegazione anche del raro fenomeno sismico d'inclinazione magnetica diminuita invece che accresciuta.

Se qui mi volessi addentrare nell'esame di queste varie particolarità e sopratutto dei frequentissimi temporali localizzati nella regione del terremoto durante i periodi sismici, e se anche in questa specie di fenomeni volessi riconoscere una permanente alterazione dello stato elettrico tellurico ed atmosferico nei mesi di costanti agitazioni sismiche, avrei nelle mani un argomento vastissimo ed a mio avviso concludentissimo. Ma io non voglio divagarmi nell'abbondante varietà della materia, nè nella vastità del campo; e piacemi piuttosto progredire gradatamente con solidi raziocini sopra ciascun punto speciale.

Rimanendo adunque nell'analisi del solo fatto della accresciuta inclinazione magnetica in un periodo sismico, e considerando le due proprietà topografiche della detta inclinazione magnetica, eccessiva inclinazione cioè permanente nei centri di attività endogena e transitoria nei centri sismici, manifestata dal momentaneo e spesso simile fenomeno constatato negli aghi galvanometrici nell'atto delle scosse di terremoto, la analogia e la connessione dei fatti non potrà non impressionare altamente. Tutti questi fatti ci inducono adunque a formulare la seguente legge da verificarsi o da distruggersi con appositi studii: — *La facoltà magnetica della terra si manifesta e si distribuisce topograficamente non solo in ragione della latitudine e longitudine, e della qualità delle rocce componenti il suolo, ma eziandio*

in ragione diretta del contatto dell'attività endogena colla superficie terrestre.

Se ciò è vero, quel fenomeno misterioso e quasi poco credibile, col quale abbiamo cominciato il nostro esame, trova evidente e pianissima spiegazione, senza riconoscere un indebolimento speciale e momentaneo della calamita. La calamita artificiale e debole sarebbe, momentaneamente vinta dalla forza gigantesca della calamita naturale terrestre, nella quale avverrebbe una *condensazione* di facoltà magnetica analoga a quella che possiamo accumulare nei nostri gabinetti sulle calamite armate di rocchetti. Le rocce stesse del suolo anche non eminentemente ferruginose sotto l'azione della elettricità endogena acquisterebbero in grande quel magnetismo polare, che vediamo in piccolo in tante rocce e perfino nei mattoni che hanno lungamente soggiornato nelle costruzioni esterne dei fabbricati [1].

Da ultimo quasi non occorre riflettere, che qualora gli studii avvenire verificassero completamente l'accennata legge, il fenomeno della inclinazione magnetica a giusto titolo diverrebbe sopra ogni altra la eminente e diretta manifestazione dell'attività endogena; e non potremmo davvero considerarla come un fenomeno secondario di semplice concomitanza.

§ 7. *Relazioni sismico-aurorali.*

Fin qui molto abbiamo dovuto dilungarci sempre sull'esame della perturbazione che ho chiamato elettrosismica e magnetosismica. Ma secondo il programma propostoci nel principio di questo capitolo, noi dobbiamo esaminare se vi

[1] V. « Esperienze del prof. Gherardi » *Ann. scientif.* Ann. I, pag. 63, ann. III, pag. 89.

sieno relazioni e quali anche con gli altri fenomeni spettanti più o meno all'elettricità e magnetismo tellurico, cioè colle aurore boreali, la luce zodiacale e le nebbie secche.

Per ciò che riguarda le aurore boreali abbiamo già due volte di sopra citato osservazioni di qualche coincidenza. Citammo cioè le osservazioni del Bertelli nella aurora del 4 febbraio 1872, che la sorprese combinarsi con una straordinaria agitazione del sismografo. Citammo pure la frequenza da me additata delle aurore e luci aurorali nell'alta Italia e fuori durante il periodo sismico laziale del gennaio 1873. Ma se diamo un'occhiata generale alle descrizioni particolareggiate dei fenomeni osservati nei luoghi colpiti dai terremoti, troveremo quasi sempre narrati alcuni fenomeni luminosi notturni, che o sono manifestamente vere e qualificate aurore boreali, o debbono esser riconosciute per tali quando non si debba dubitare della veridicità stessa del racconto. Laonde anche questo punto merita una breve ma speciale considerazione in questo nostro lavoro.

Nel compilare le statistiche dei fenomeni endogeni dal 1873 in poi, io presi cura speciale di prender nota delle aurore boreali; ed oltre a ciò ebbi cura assidua di osservare direttamente il cielo, quando mi è avvenuto di sperimentare qualche piccolo periodo sismico localizzato nel luogo di mia dimora. Così m'avvenne nel luglio ed agosto 1875 di poter fare osservazioni assai concludenti, delle quali diedi relazione nel mio *Bullettino del Vulcanismo italiano*. Piacemi riferire testualmente ciò che allora ne scrissi, perchè quello che proviene dalla esperienza più particolareggiata del tempo successivo dovrà comparire nei quadri grafici complessivi di tutti i fenomeni esaminati, che pubblicherò nel secondo volume di quest'opera.

« Giustamente, » io scriveva allora, « si pone ora grande studio nell'esaminare le relazioni fra i fenomeni sismici e gli elettrici. Perciò stimo di molto momento il far conoscere il caso singolare verificatosi sui monti Albani nel luglio decorso, di una serie cioè di *luci aurorali*, due delle quali assai brillanti e rosse concomitanti un periodo di minimi terremoti, e confrontare i medesimi coi terremoti avvenuti nell' Umbria, nell' Isola d' Ischia ed a Livorno durante lo stesso periodo. Di questi terremoti laziali pochissimi sono stati sensibili ed avvertiti da qualche persona; la massima parte di essi fu indicata soltanto dai sismografi diversi, che ora in buon numero stanno su questi monti, sorvegliati da diligenti osservatori. Essi formano una rete di istrumenti abbastanza importante, perchè riunita in una sola regione. I cultori della meteorologia sanno bene come sia fenomeno straordinarissimo presso di noi quello delle aurore boreali. Forse veramente per l'addietro veruno vi prestò attenzione, e sarà perciò che il fenomeno sembra ora più che mai singolare. Infatti da che il Galli in Velletri ha stabilito l'Osservatorio meteorologico, qualche rara luce aurorale viene da esso talvolta annunciata. Ma è pur vero che il veder quel fenomeno ripetuto sette volte nel breve giro di un mese, giustifica lo stimarlo caso eccezionale. A persuadersi poi che tale singolarità sia veramente connessa col periodo sismico, basta porre l'occhio sullo specchio che qui presento del movimento dei terremoti in Italia nel giugno, nel luglio e nell'agosto. In esso chiaro si vede come i gruppi dei terremoti, trasportandosi d'una in altra regione allorchè soggiornarono lungamente nel Lazio durante il luglio, furono accompagnati dallo spesseggiare delle luci aurorali da me osservate in Rocca di Papa. Queste luci ap-

parvero a Nord ed a N.-E.; mostrarono talvolta i raggi rossastri e furono più o meno brillanti, tanto da esser visibilissime malgrado la luce della luna. Furono specialmente vive quelle che vedemmo nelle sere del 6 e del 15 luglio. Ed è pure curioso a notare come il terremoto di Casamicciola (Ischia) avvenuto nel medesimo periodo, fu pure accompagnato da luce d'apparenza fosforescente ossia aurorale [1].

« La probabilità di una connessione fra le aurore boreali ed i terremoti è stata più volte da altri notata; ed è perciò che nei quadri sinottici di tutti i fenomeni endogeni registro i fenomeni aurorali. È troppo breve il tempo finora rappresentato nei miei specchi per poterne trarre qualche conseguenza certissima. Ma pure, esaminando la pluralità dei casi, sembra che le aurore si sostituiscano ai terremoti durante un periodo sismico, ed appariscano perciò più facilmente nei giorni esenti dal movimento tellurico. Anzi fatta la statistica esatta e comparativa fra le aurore ed i terremoti per il tempo compreso negli specchi finora da me pubblicati, vediamo che sopra 211 giorni in 139 sere fu vista la luce aurorale in qualche luogo d'Italia e 93 giorni furono visitati dal terremoto. Di questi 93 giorni però circa la metà (46) ebbero terremoto ed aurora, mentre due terzi delle aurore avvennero senza terremoto, ossia possiam dire apparentemente in sostituzione di questo.

« Ho detto che apparentemente l'aurora si è sostituita al terremoto, perchè non sappiamo ancora qual relazione esista fra i due fenomeni; ma stando ai dati numerici si può dire con verità che tale sostituzione avvenga di fatto.

[1] Bertelli. *Sul terremoto di Casamicciola avvenuto il 13 luglio 1875. — Bullettino del Vulcanismo italiano.* Anno II, pag. 75.

Imperocchè fra aurore e terremoti tutti i giorni quasi sono visitati dall' uno o dall' altro fenomeno, restandone nella nostra serie soltanto 25 privi di ambedue. È pure notevole in questo computo che dei 46 terremoti avvenuti nel medesimo giorno nel quale apparve un'aurora, più della metà (27) agitarono o la medesima regione, od una regione vicina a quella nella quale apparve il fenomeno aurorale. Anche questo fatto mi sembra da tener d' occhio, perchè paragonato coll' altro della sostituzione nella pluralità dei casi, sembrami poter indicare che sotto l' azione di una medesima forza endogena si promuovano ambedue le manifestazioni, producendosene or l' una or l'altra, e talvolta per abbondanza di forza anche ambedue.

« In ogni modo, essendo cosa notissima che i terremoti sono spesso accompagnati da luci aurorali ed essendo pur certo che le aurore boreali non compariscono facilmente nei monti Albani, il vedere spesseggiare ivi questo fenomeno durante un periodo sismico, è argomento gravissimo per stabilire l' esistenza dell' intima connessione fra i due fenomeni, la quale finora potevamo soltanto sospettare. »

Nello specchio che segue meriterebbe speciale osservazione anche il sostituirsi fra loro nella serie dei giorni i terremoti d' una in altra regione italiana; e sarebbe stato importante sapere se altrettanto avvenne delle luci aurorali come ne abbiamo un indizio di probabilità nella luce fosforescente di Casamicciola. La luna brillantissima disturbò certamente, come sempre, tale osservazione forse più della disattenzione. Ma in mancanza di dati piacemi non ragionare, e contentarmi di esporre gli elementi che posseggo quali li ho potuti raccogliere. Il quadro che segue intanto non manca di interesse per molti titoli.

Topografia sismica ed aurorale italiana del Giugno, Luglio e Agosto 1875.

DATA	LUCE AURORALE NEL LAZIO	TERREMOTI NEL LAZIO	TERREMOTI NELL' UMBRIA E NELLE MARCHE	TERREMOTI IN ALTRE REGIONI	LUCI AURORALI IN ALTRE REGIONI ITALIANE
Giugno					
2	—	—	Todi	—	—
3	—	—	—	—	Aur. bor. Volpeglino
4	—	Roma	—	—	Luce aur. Empoli
5	—	—	—	—	Luce aur. Empoli
6	Rocca di P. e Vell.	Roma, Frascati	—	—	Luce aur. Empoli
9	—	Roma	—	Belluno	—
10	—	Roma	—	Belluno	—
12	—	—	—	Belluno	—
14	—	—	Ascoli	Bologna	—
15	—	—	Narni	—	—
16	—	—	Narni, Norcia	--	—
17	—	—	*Marche*	—	—
18	—	—	*Marche*	—	—
22	—	Roma	—	Moncalieri	—
23	—	—	—	Cosenza	—
24	—	Roma	Città di Castello	—	—
27	—	—	—	Cosenza	—
28	—	—	Città di Castello	—	—
29	—	—	—	Firenze	—
30	—	Roma	Narni	—	—
Luglio					
2	—	Monte Cavo	—	—	Luce zod. Cosenza
3	—	Roma	—	—	—
6	Rocca di Papa	Roma, Velletri	—	—	—
7	Rocca di Papa	Frascati	—	—	—
8	—	Roma	Camerino	—	—

Segue la *Topografia sismica ed aurorale italiana del Giugno, Luglio e Agosto 1875.*

DATA	LUCE AURORALE NEL LAZIO	TERREMOTI			LUCI AURORALI IN ALTRE REGIONI ITALIANE
		NEL LAZIO	NELL' UMBRIA E NELLE MARCHE	IN ALTRE REGIONI	
Luglio					
9	—	Roma	Narni	Caserta	—
10	—	M.e Cavo, Velletri	—	—	—
11	Rocca di Papa	—	—	—	—
13	—	—	—	Casamicciola	Luce fosfor. Casamicciola
14	—	Roma	—	—	—
15	Rocca di Papa	—	—	—	—
16	Rocca di Papa	Rocca di Papa	—	—	—
19	—	Roma	—	—	—
20	—	Roma, Rocca di Papa	—	—	—
21	—	Rocca di Papa	—	—	—
22	—	Rocca di Papa	—	—	—
23	—	—	—	—	Luce zod. Bra
24	—	—	—	—	Luce zod. Bra
25	Rocca di Papa	Velletri	—	—	Luce zod. Bra
26	—	—	Camerino	—	Luce zod. Bra
27	—	Roma	—	—	—
30	—	Roma, Rocca di Papa	—	—	Luce aur. Perugia
31	—	—	Narni	Livorno	—
Agosto					
1	—	—	—	Livorno	Luce zod. Bra
2	—	Rocca di Papa	—	Livorno	—
3	Rocca di Papa	—	—	—	—
4	—	Roma, Rocca di Papa	—	—	—
5	—	Roma	—	—	—
6	—	—	—	—	Luce aur. Ivrea
19	—	Rocca di Papa	—	—	—

Che nelle luci aurorali massime limitate e locali vi sia qualche connessione topografica col luogo sul quale appariscono, sembrami evidente dal fatto della ripetizione per più sere consecutive o vicine fra loro nel medesimo luogo. Ciò, come è noto ai meteorologisti, non fu un caso speciale dei colli laziali nell'estate del 1875, ma è cosa che vediamo continuamente avverarsi massime nelle stazioni meteorologiche alpine da che l'illustre P. Denza ne compose e moltiplicò annualmente la rete

Dato il fatto di qualche connessione col suolo del fenomeno aurorale, diviene spontaneamente più che mai probabile il riconoscerne l'anello nelle agitazioni sismiche. Queste poi mostrando in fatto qualche coincidenza, anzi sostituzione vicendevole di manifestazione, avvalorano la scientifica nostra induzione. Il fatto della sostituzione fra aurore e terremoto si mostrò di nuovo quantunque più languido nei monti laziali nel settembre 1878. Nel principio di quel mese quivi albergò un breve periodo sismico, il cui centro di azione fu riconosciuto ad evidenza risiedere nella frattura del Tuscolo, ed in particolare in un punto di questa assai prossimo alla rupe tuscolana. Ivi appunto, in un giorno nel quale tacquero i terremoti, fu vista da Palestrina una luce aurorale assai viva, anzi una vera piccola aurora boreale con tutti i suoi caratteri e raggi per lo spazio di circa 20 minuti, precisamente sul gruppo dei colli del Tuscolo. Ma non volendo dilungarmi in questi minuti e particolari confronti che, come ho detto, compariranno nei quadri grafici da presentarsi in appresso, stimo opportuno porre sotto gli occhi del lettore un quadro comparativo da me fatto fra le più note e recenti aurore boreali d'Europa, di America, e lo stato, diciamo così, dinamico

sismico dell' intiero globo terraqueo, per quanto ne conosciamo dai cataloghi sismici massime del Perrey. Cotesto quadro non rappresenta l'andamento sismico tellurico completo, ma solo le relazioni fra il detto andamento sismico e le aurore boreali. Non oltrepassa l' anno 1871, perchè dopo quell'anno mancano i cataloghi sismici generali del Perrey [1]. Prima poi del 1869 ho scelto per il confronto le sole aurore più celebri citate dal Denza nell' *Annuario Scientifico Italiano*, anche per non rendere il detto quadro troppo prolisso. Ma posso assicurare che esso è un saggio fedele di ciò che ritorna per tutti gli altri periodi aurorali.

Risulta da questo quadro che ogni aurora boreale avviene o coincidendo con un massimo sismico, ovvero con un minimo e perfino col vuoto di terremoti, ma vuoto entro un periodo di massima pluralità ed estensione degli scuotimenti tellurici. Si verifica cioè nel grande generale ciò che osservava nel piccolo locale, cioè la sostituzione dell'aurora al terremoto nel tempo, nel quale il terremoto spesseggia. E si noti di più che la massima parte delle grandi aurore, che vorrei appellare generali, coincidono con una equivalente generalità e diffusione del terremoto in tutte le regioni del globo.

Paragonando questo fatto con gli altri sopra esaminati relativi alle perturbazioni magnetiche connesse coi terremoti, non potremo astenerci dal riconoscere in questo fenomeno vincoli estesissimi con tutte le leggi dinamiche che presiedono alla vita fisica del globo, ed in particolare ai fenomeni nei quali giuoca l'elettricità ed il magnetismo.

[1] In questo luogo che cade in acconcio non posso astenermi dal deplorare altamente la inopportunissima determinazione presa dall'Accademia di Bruxelles, sospendendo l' annua pubblicazione dei Cataloghi del Perrey nel momento appunto che divenivano più preziosi, per l'ampio svolgersi gli studii di Meteorologia endogena.

Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.

DATA			AURORE POLARI	TERREMOTI
1847	Novembre	17	Italia e Roma, grande aurora	Un giorno innanzi, in America, molti terremoti.
1859	Agosto	28	Europa, America, grandissima	Nella 3ª decade spessi terremoti in tutto il globo.
»	Settembre	2	America	
1869	Gennaio	10	Stocolma, Hernosand	Massimo di terr. in America, Indie, Nizza, Lisbona, Odessa, ecc.
»	»	17	Stocolma	Segue ancora periodo sismico massimo.
»	»	21	Stocolma	Idem.
»	Febbraio	14	Moncalieri, Padova	Periodo di massimo sismico.
»	»	22	—	Massimo sismico.
»	»	23	Aurora boreale	
»	»	28	Aurora boreale	
»	Aprile	15	Europa, America	Minimo in un periodo di terremoti.
»	Maggio	8	Roma	Idem.
»	»	10	Parigi	Massimo delle scosse nella 1ª decade.
»	»	13	Europa	Massimo il giorno dopo.
»	»	14	—	Massimo sismico.
»	Settembre	5	Parigi	Minimo.
»	Ottobre	6	Parigi	*Niun terremoto.*
1870	Gennaio	3	Francia, Italia, grande aurora	Massimo sismico generale.
»	»	6	Münster	Minimo del periodo sismico dal 1º al 7.
»	»	20	Münster	Altro minimo.
»	»	22	Hernosand	Minimo.
»	»	23	Stocolma	Minimo.
»	»	28	Nairn	Periodo continuato uniforme di scosse.
»	»	30	Stocolma, Hernosand, Münster	Diminuisce il periodo sismico: il minimo nel 31.
»	Febbraio	4	Londra, Parigi, Germania, Stocolma, Pietroburgo, Melbourne	*Niun terremoto*: minimo assoluto.
»	»	12	Hernosand	Minimo precedente al massimo del 13.
»	»	13	—	Massimo.
»	»	17	Parigi, Lipsia	Massimo in America.
»	»	19	Stocolma	Minimo.
»	»	22	—	Terremoti a Rodi, Makri, Vesuvio, Gross Geran.
»	»	23	Stocolma	*Niun terremoto:* minimo assol. seguente un mas.

Segue: *Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.*

DATA			AURORE POLARI	TERREMOTI
				Terremoti.
1870	Febbraio	24	—	*Niun terremoto.*
»	»	25	Stocolma	Massimo generale.
»	»	26	—	
»	»	27	Stocolma	
»	»	28	—	Massimo generale.
»	Marzo	18	—	Minimo.
»	»	19	Stocolma, Hernosand, Greencastle	Nel minimo del periodo sismico, in questo giorno *niun terremoto.*
»	»	24	Hernosand, Stocolma	
»	»	26	Hernosand, Stocolma	Massimo.
»	»	28	Hernosand, Stocolma, Aparanda, Pietroburgo	*Niun terremoto.*
»	»	29	Pietroburgo	Massimo generale.
»	»	30	Stocolma, Valenza	Massimo idem.
»	Aprile	3	Stocolma	Minimo dal 1º al 4 aprile.
»	»	5	Europa	Massimo generale.
»	»	17	—	Minimo.
»	»	18	Stocolma	Cresce attività sismica: perciò tra il min. e il mas.
»	»	19	—	Massimo.
»	»	20	Parigi	Altro minimo.
»	»	21	Nairn	Altro massimo.
»	Maggio	20	Parigi, grande aurora	Minimo generale.
»	»	28	Perugia	Minimo.
»	Giugno	24	—	Celebre massimo generale ed anche italiano.
»	»	25	Volpeglino	Minimo generale: in Italia *niun terremoto.*
»	»	26	—	Altro massimo.
»	Agosto	24	Volpeglino	Minimo generale.
»	Settemb.	21-24	—	*Niun terremoto.*
»	»	24-25	Londra, Tours, Italia	Leggero massimo il 25 nel periodo di calma gen.
»	Ottobre	14	Italia, America del Nord	Dal 4 al 17 lungo periodo sismico e massimo.
»	»	20	—	Massimo nel grande periodo di massimi.
»	»	24-25	Italia ed Europa, Asia, America, Australia	Massimo secondario nello stesso lungo e forte periodo sismico, che ebbe per massimo il 20.

Segue: *Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.*

DATA			AURORE POLARI	TERREMOTI
1870	Ottobre	30	—	Altro forte massimo.
1871	Gennaio	4	Upsala	Precede il minimo assoluto del 5.
»	»	5	—	*Niun terremoto.*
»	»	7	N. America, Thürso	Minimo, precedente il massimo del giorno 8.
»	»	13	N. America, Münster, Breslau, Colonia, Schleswig, Peckeloh, Thürso, Melbourne	Minimo.
»	»	15	Breslau, Schleswig, Melbourne	Primo giorno di massimo perdurato fino al 17.
»	»	18	—	Minimo.
»	»	19	N. America, Thürso, Melbourne	Piccolo massimo.
»	Febbraio	9	Thürso, Cleoe	Precede il massimo generale.
»	»	10	Cleoe	Massimo generale.
»	»	11	Endem, Keitum, Inghilterra	Minimo.
»	»	12	Italia, Inghilterra, Endem, Münster, Niederschel, Coslein, Putbus, Breslau, Eger, Cleoe, America, Melbourne	Altro massimo generale di terremoti.
»	»	13	Moncalieri, Modena, Thürso	Periodo sismico in diminuzione.
»	»	17	Lesina (*strisce aurorali*)	Dal 16 al 21 massimo continuo generale.
»	Marzo	1	Oesel (*Russia*)	Minimo accaduto il giorno antecedente.
»	»	9-11	—	Massimo.
»	»	12	Londra	Diminuzione.
»	»	13	Grullenberg (*Sassonia*)	Minimo.
»	»	14	Danzica, Dresda, Zittan	
»	»	15	—	Massimo leggero.
»	»	16	Upsala, Oesel, Roche-Point, Peck., Münst.	Torna il min. gen. prec. di 1 gior. il gran. mass. gen.
»	»	17	Volpeglino	Massimo straordinario generale.
»	»	18	Upsala, Oesel	Minimo nel 19.
»	»	19	Upsala, Sassonia	
»	»	20	Upsala	
»	»	21	Thürso, Münster	Precedono il minimo del 23.
»	»	22	Thürso, Leewarden	
»	»	23	Venezia, Upsala, Thürso, Peckeloh, Wolgart, Leewarden, Melbourne	Minimo.

Segue: *Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.*

DATA			AURORE POLARI	TERREMOTI
1871	Marzo	24	Upsala	Precede il forte massimo del 25.
»	»	25	Endem.	Grande massimo.
»	»	31	—	Minimo.
»	Aprile	1	Cleoe, Dresda, Treves, Oesel, Londra .	Segue un minimo del 31 marzo.
»	»	8	Upsala, Breslau, Londra.	Minimo.
»	»	9	Keitum, Londra, Praga, Oesel, Groninga, Italia.	
»	»	9-20	Luce aurorale in Italia, a Monza, Moncalieri e Palermo	
»	»	10	Upsala, Peckeloh, Oesel, Londra	
»	»	11	Peckeloh, Oesel.	
»	»	12	Upsala, Thürso, Inghilterra, Melbourne	
»	»	13	Palermo.	Periodo di molti terremoti, senza un giorno di massimo straordinario: un solo minimo leggero si ebbe il 17, che precedette la grande ed estesa aurora del 18.
»	»	14	Upsala, Puthus, Lipsia, Stettino, Oesel, Peckeloh	
»	»	15	Piacenza, Palermo, Upsala, Peckeloh, Stettino, Oesel	
»	»	16	Russia, Stettino, Londra	
»	»	17	Stettino, Oesel, Volpeglino, Melbourne.	
»	»	18	Italia, Coslin, Lipsia, Putbus, Breslau, Flensburg, Upsala, Stettino, Oesel, Riga..	
»	»	19	Melbourne	
»	»	23	Alta Italia, Münster, Upsala, Oesel . . .	Precede il massimo.
»	»	24	Upsala	Massimo.
»	»	25	Upsala, Oesel, Melbourne	Minimo: il 26 *niun terremoto*.
»	»	29	Upsala, Oesel, Melbourne	In un periodo sismico leggerissimo, precede un piccolo massimo.
»	Maggio	6	—	Massimo generale, America, Africa, Italia.
»	»	7	Peckeloh	Segue il massimo del 6.
»	»	8	Peckeloh, Inghilterra	Minimo.
»	»	16-17	Inghilterra, Melbourne	Leggero periodo minimo precedente un piccolo massimo nel 21.
»	»	19-20	Inghilterra, Melbourne	

Segue: *Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.*

DATA			AURORE POLARI	TERREMOTI
1871	Maggio	21	—	Massimo leggero.
»	»	22	Inghilterra, Melbourne	Segue il piccolo massimo del 21.
»	»	25	—	Altro massimo.
»	»	26	Inghilterra, Melbourne	Segue il massimo del 25.
»	Giugno	3	La Baumette	Precede il minimo assoluto.
»	»	4	—	*Niun terremoto.*
»	»	5	La Baumette	Minimo.
»	»	7	Moncalieri (luce aurorale)	6-9 leggero massimo.
»	»	12	Moncalieri (luce aurorale)	Precede il massimo del 13.
»	»	13	—	Massimo.
»	»	14-15	Palermo (luce aurorale)	Minimo.
»	»	16	Palermo (luce aurorale)	Torna un leggero massimo.
»	»	17	Torino, Moncalieri	
»	»	25	—	Minimo del periodo sismico.
»	»	26	Moncalieri (luce aurorale)	Seguono il minimo.
»	»	27	Oxford	
»	Luglio	7	Parigi	Dal 6 al 9 minimo.
»	»	10	La Baumette	Massimo speciale italiano.
»	»	14	Moncalieri (luce aurorale)	Altro massimo italiano.
»	»	25	Roche-Point	Massimo generale.
»	Agosto	8	La Baumette	Massimo.
»	»	10	Peckeloh, Volpeglino e Genova (l. a.)	*Niun terremoto.*
»	»	11	Nairn	Periodo uniforme di attività sismica dall'11 al 17, precedente il massimo generale del 18.
»	»	12	Nairn, Valenza	
»	»	13	Nairn	
»	»	16	Inghilterra	
»	»	17	Volpeglino (luce aurorale)	
»	»	18	—	Massimo generale estesissimo.
»	»	21	Sranholmsminde, Scozia	Precede il minimo del 22.
»	»	24	Roche-Point	Minimo dal 22 al 25.
»	»	25	La Baumette	
»	Settembre	4	Irlanda, Upsala	*Niun terremoto.*
»	»	6	Upsala	Piccolo periodo di minima attività sismica.

Segue: *Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.*

DATA			AURORE POLARI	TERREMOTI
1871	Settembre	7	Upsala, Aalborg, Inghilterra	Piccolo periodo di minima attività sismica.
»	»	9	Shetland	
»	»	11	Upsala, Kiel	Minimo.
»	»	12	Aalborg, Shetland	Massimo di terremoti in Francia.
»	»	14	Aalborg	Minimo.
»	»	15	Roche-Point	Leggero massimo in Italia, Ungheria.
»	»	16	Roche-Point, Aalborg	*Niun terremoto.*
»	»	17	Aalborg, Upsala	*Niun terremoto.*
»	»	18	Aalborg, Upsala	Leggerissimo massimo.
»	»	19	Aalborg	*Niun terremoto.*
»	»	20	Aalborg	Leggero massimo.
»	»	21	Aalborg	*Niun terremoto.*
»	»	25-26	Aalborg	Massimo generale.
»	»	27	Fünfkinchen	Minimo precedente la calma del 28.
»	»	28	—	*Niun terremoto.*
»	Ottobre	1	Upsala	Minimo.
»	»	2	Upsala	Idem.
»	»	4	Upsala, Stocolma, Aalborg, Francia	Massimo.
»	»	11	—	*Niun terremoto.*
»	»	12	Thürso	Segue il minimo assoluto degli 11 con un leggero massimo.
»	»	13	Peckeloh	
»	»	14	Upsala	Minimo.
»	»	15	Peckeloh, Türso, Londra	Leggera ripresa di attività.
»	»	16	—	*Niun terremoto.*
»	»	17	Hernosand, Moncalieri (luce aurorale)	Minimo.
»	»	19	Cleoe	Leggero massimo.
»	»	23	Aalborg	Massimo.
»	»	24	Aalborg	Minimo.
»	»	25	Aalborg	*Niun terremoto.*
»	Novembre	1	Aalborg	Precede il massimo generale.
»	»	2	Aosta, Volpeglino, Scozia, Groninga, Bonn, Danzica, Husens, Stocolma, Hernosand, Opladen	Massimo di terremoti in Italia, Hilo, Carniola.

Segue: *Relazione fra le aurore polari ed i massimi e minimi dei periodi sismici.*

DATA	AURORE POLARI	TERREMOTI
1871 Novembre 3	Aalborg, Peckeloh	Segue il massimo
» » 4	Upsala	*Niun terremoto.*
» » 9	Torino, Moncalieri, Volpeglino, Genova, Modena, Aalborg, Hernosand, Kiel, Opladen, Upsala, Inghilterra	
» » 10	Alta Italia, Upsala, Breslau, Stocolma, Aalborg, Inghilterra, Peckeloh, Opladen, Roessel, Danzica, Bonn	Dal 9 all' 11 piccolo periodo di attività uniforme precedente il massimo del 12.
» » 11	Upsala, Inghilterra	
» » 12	—	Massimo Italia, Albania, Tenès.
» » 13	Stocolma, Aalborg	
» » 14	Aalborg, Genova e Alessandria (l. a.)	Minimo.
» » 16	Haparanda	Precede il massimo.
» » 17-18	—	Massimo.
» » 19	Haparanda, Münster, Aalborg, Upsala	Minimo.
» » 20	Genova, Alessandria, Danzica, Upsala	Massimo generale.
» » 21	—	Minimo.
» » 22	Hernosand	
» » 23	Hernosand, Volpeglino	Leggero massimo.
» » 28-29	—	Massimo generale.
» » 30	Aosta	Segue il massimo.
» Dicembre 1	Aosta	Precede il massimo.
» » 2	—	Massimo.
» » 4-5	Sranholmsminde	Massimo il 5.
» » 6	Volpeglino	
» » 7	Alessandria, Peckeloh	Precedono il minimo avvenuto il 9 e 10.
» » 8	Moncalieri, Oesel, Sranholmsminde	
» » 9	Hernosand, Oesel	
» » 10	Stocolma, Oesel	Minimo.
» » 14	Hernosand, Oesel, Peckeloh	Altro minimo.
» » 16	Stocolma, Sranholmsminde	Minimo.
» » 18	—	Massimo leggero.
» » 19-21	Aosta (luce aurorale)	Segue il massimo antecedente. Minimo il 21.

Dovrei ora concludere questo lungo capitolo col trasferire la mia analisi sui vincoli, che possano esistere fra la luce zodiacale, le nebbie secche e i fenomeni appartenenti alla endodinamica. Quanto alla luce zodiacale mancano affatto gli studii speciali, tranne che considerandola col Serpieri come congenere colle aurore: e perciò registrandola come parte di quelle sembrami che prenda ottimamente il posto dovutole nella serie, senza alterare, invece anzi completando vieppiù le già dimostrate apparenze di leggi sismico-aurorali.

Quanto alle nebbie secche sono esse appena comparse sulla scena fra i fenomeni elettrici; e tuttora questa nuova teoria del Serpieri sta sotto la prova direi così del controllo sperimentale, ossia dell'esame dei fisici, che non sembrano tutti molto inclinati ad ammetterla fra i fenomeni elettrici. Io non pretendo di frapporre la mia nulla autorità in questa ricerca; posso e debbo però francamente dire, che sono rimasto assai favorevolmente impressionato dagli argomenti e dalle idee esposte dal Serpieri in questa materia. Quindi mi credo lecito osservare, che qualunque sarà poi definitivamente stabilita l'indole naturale di tali nebbie, esse intanto evidentemente compariscono nei terremoti e li precedono generalmente nei lunghi periodi di azioni sismiche stazionate in un luogo. Non posso qui dilungarmi a svolgere questo punto, perchè esso dovrà da me esser trattato, quando ragionerò delle famose osservazioni delle nubi e delle nebbie nei terremoti, fra le quali dovremo sceverare le nebbie secche dagli altri generi di velami del cielo. Ma poichè non è impossibile che le relazioni fra i terremoti e le nebbie secche aggiungano qualche apparenza di più all'influenza elettrica in quel fenomeno, non poteva io non

farne menzione in cotesto capitolo. Nel quale in tutti i fenomeni elettrici e magnetici tellurici, ho inteso svelare il carattere, che spesso assumono, di manifestazioni dirette della attività endogena del nostro pianeta. Niuno poi io credo potrà negare o non vedere, che tale carattere dei fenomeni elettrici e magnetici tellurici è necessario ben definire e comprovare fino all'ultima evidenza per prepararsi ad investigare quali possano essere le relazioni fra quest'ordine di fenomeni che comparisce tanto importante fra i fenomeni endogeni, la causa prima dei medesimi, ossia la causa misteriosa della vita interna del globo.

CAPO VII.

VARIAZIONI DI LIVELLO NELLE ACQUE.

Se volgiamo lo sguardo alla circolazione delle acque, troviamo un' altra prova della esistenza di una endometeorologia. Nulla è più noto dei fenomeni, che frequentissimamente vi cagionano i terremoti; i quali o deviano, o disturbano le sorgenti, alterano il livello dei pozzi; giungendo talvolta perfino a disseccarli, ovvero a farli traboccare, sgorgando l'acqua dalla bocca superficiale sul suolo. Il disseccamento avviene sopratutto nei distretti vulcanici all'avvicinarsi di una eruzione. Ma il disturbo arrecato dai terremoti alle sorgenti è assai più grande di ciò che è stato creduto finora; di modo che l'abbassamento e la scomparsa di molte sorgenti si può provare esser derivata quasi insensibilmente sotto l'azione di questo agente. I recenti studii non hanno ancora preso di mira il tributo delle sorgenti, ma voglio sperare che non si tarderà troppo a sottoporle ad esame giornaliero. Intanto però è stato cominciato l'esame del livello delle acque dei pozzi. Questo studio, che ha dato già i suoi frutti, ho detto sopra esser nato per diligenza del signor Demetrio Lorenzini di Porretta e per impulso che io gliene diedi. Egli avendo osservato che il suo pozzo va-

riava leggermente di livello ad ogni scossa di terremoto indipendentemente dall'andamento della stagione e dall'attingere che vi si faceva, me ne diede gentilmente avviso. Io allora consigliai il Lorenzini di intraprendere osservazioni regolari e giornaliere, dalle quali non tardò ad apparire una stretta relazione del fenomeno della variazione del livello dell'acqua con la pressione barometrica e col terremoto. Ossia dato un livello medio variabile secondo le stagioni si vedevano avvenire oscillazioni di livello giornaliero in aumento a bassa pressione, in decremento ad alta pressione. Oltre a ciò poi ad ogni scossa di terremoto una nuova alterazione avveniva. Merita questo fenomeno di Porretta di essere studiato sui quadri grafici, che ho descritto, e prima di volgersi al primo di essi (1873) bramo riferire le prime osservazioni sul fenomeno dovute allo stesso signor Demetrio Lorenzini. Cominciò egli le osservazioni ai 27 giugno 1873 e mi scrisse in data del 14 luglio, cioè dopo soli 18 giorni di osservazione. « Ho già intrapresa l'osservazione « giornaliera sul livello dell'acqua del mio pozzo. Questo « viene per ora misurato in tutte le mattine con uno scan- « daglio circa alla medesima ora prima di incominciare ad « attingerne l'acqua. La ristrettezza del diametro della « tromba ed il dovere ogni momento prendere acqua col « secchio, rende impossibile l'applicazione di un meccani- « smo. Le trasmetto intanto il quadro delle osservazioni « fatte a tutt'oggi, dal quale rileverà gli strani e repentini « movimenti del livello del liquido. Ed è da notare, che nep- « pure basterebbe l'osservazione unica mattutina per tutte « cogliere le variazioni. Di ciò le sia prova, che quantunque « il consumo d'acqua nella nostra casa sia grandissimo; « pur tuttavia talvolta fra giorno invece di decrescere essa

« aumenta. Ciò verificai, per esempio, nei giorni 30 giugno
« e 7 luglio, nel primo dei quali trovai, che l'acqua da m. 1,74
« trovati nella osservazione della mattina era salita a m. 2,12
« per poi riscendere dopo il riposo della notte, avendola
« trovata nella mattina del 1° luglio a m. 1,82. A dì 7 luglio
« poi, nel qual giorno era cresciuto di m. 0,55 in paragone
« del giorno antecedente, da m. 2,03 verificati la mattina,
« giunse a m. 2,21 dopo avervi molte volte attinto l'acqua
« nel corso della giornata. » Queste due date del 30 giugno
e del 7 luglio seguivano immediatamente due giorni di massima forza del terremoto nella non lontana regione del Bellunese.

Dopo queste prime osservazioni il Lorenzini le continuò e regolarmente a me le trasmise fino al termine di novembre. Esse sono graficamente delineate nel quadro dei fenomeni del 1873 che trovasi nel 2° volume. Da queste osservazioni risulta all'evidenza, che non la legge dell'affluire le acque a seconda delle stagioni, ma altra misteriosa cagione fa salire e scendere stranamente l'acqua di questo sensibile pozzo. Infatti osservando la curva risultante dalle misure di livello trasmessemi dal Lorenzini dal 27 giugno al 30 novembre 1873 (mancando due sole volte all'osservazione), trovasi quella curva meritevole di speciale considerazione e sopratutto meritevole di confronto colle altre parti del quadro sismico.

Non possiamo certamente trascurare in questo esame l'elemento della stagione, per ciò che riguarda l'afflusso delle acque circolanti sotterra. Quindi il vedere nel generale dell'andamento della curva le acque basse nell'agosto, settembre e ottobre, corrisponderebbe alla magra estiva delle sorgenti. Ma il rapido salto del novembre non corri-

sponde in tempo col ritorno delle acque di pioggia ai serbatoi, ai quali non giunge sì presto la infiltrazione. Studiando piuttosto parzialmente le variazioni, veggo che dal principio delle osservazioni fino al 10 settembre sembra coincidere con piccolo precedere la curva barometrica e la puteale di Porretta. Dopo quel giorno si diparte del tutto dall'andamento della pressione atmosferica, colla quale perciò sembra esser stata forse fortuita la coincidenza prima verificata. Dunque per quanto si può giudicare da questo breve periodo di osservazione, la pressione barometrica ed il solito regime delle sorgenti sembrerebbero cause estranee alle variazioni verificate dal Lorenzini nel pozzo del suo laboratorio; e tale infatti fu il mio primo giudizio, che allora pubblicai. Volgendo l'occhio invece alla distribuzione topografica dei terremoti, troviamo che allorquando il periodo sismico soggiornava con maggior frequenza ed intensità in regioni non lontanissime della Porretta, il pozzo del Lorenzini si mostrava in magra; e viceversa allorchè dipartivansi i terremoti dal Veneto o da altre regioni prossime, l'acqua risaliva. Infatti la massima magra del semestre precedette di due giorni la più forte tempesta sismica che colpì più da vicino di ogni altra la regione di quella città, la scossa cioè del 17 settembre. L'esperienza generica del passato avuta dal Lorenzini nelle sue diligenti osservazioni è pure costantemente l'abbassarsi dell'acqua ad ogni scossa di terremoto.

Come ognuno vede chiaramente il mio primo giudizio basato sopra un breve lasso di tempo fu, come pure lo dichiarai, totalmente provvisorio; e mi appellava alla continuazione dello studio, sopratutto poi alla cooperazione dei dotti osservatori sparsi in altre regioni. Io notava il fatto

di una certa coincidenza da principio con la curva barometrica, la quale poi perdendosi forse sotto l'azione tellurica degli scotimenti sismici mi induceva a sospendere il giudizio sulle relazioni con la pressione barometrica, per volgere l'animo alla parte sismica, sulla quale l'esperienza generale suddetta e la particolare locale del Lorenzini richiamava l'attenzione. Saviamente però il testè compianto ed egregio giovane professor Antonio Bianconi pensò che la condizione speciale del territorio Porrettano invaso pienamente dall'attività delle forze endogene manifeste nelle *fontane ardenti* e nelle celebri acque minerali, ed il periodo speciale e breve delle osservazioni da me esaminate avesse potuto troppo nascondere l'azione dell'atmosfera sul pozzo, la cui azione e dovea esistere, e sarebbe stato assai importante di definire. Volle perciò intraprendere speciali osservazioni in un suolo più tranquillo ed in stagione più calma. Scelse perciò un pozzo in Bologna, nel quale non si attingeva l'acqua; e poscia nella seduta del 30 aprile 1874 riferiva all'Accademia delle Scienze i risultati delle sue osservazioni [1].

Intraprese egli le osservazioni giornaliere ai 28 febbraio del 1874; le prosegui sino a tutto il 29 aprile, ed erano da lui ripetute quattro volte al giorno e nelle ore precisamente in cui all'Osservatorio astronomico si notano le variazioni barometriche; e ciò per potere con maggiore precisione mettere a confronto le oscillazioni barometriche collo stato del livello dell'acqua di quel pozzo.

Il Bianconi notò come per siffatte ricerche sieno propizi

[1] V. *Memorie dell'Accademia delle scienze dell'Istituto di Bologna*. Serie III, tom. V.

i tratti di stagione privi di pioggia, la quale poi dopo essere giunta ai serbatoi, che alimentano i pozzi può venire alterando il livello delle acque stesse. Esso poi sotto questo rapporto è stato favorito dalla natura: giacchè per quasi quaranta giorni tale causa modificante non disturbò le sue osservazioni. Per ottenere facili confronti rappresentò le oscillazioni sì barometriche, che del livello dell'acqua del pozzo in sistema grafico.

Senza nè anche riepilogare questo primo periodo di osservazioni del Bianconi, basta accennare che mercè l'accurata discussione che egli fece dei dati ottenuti e delle perturbazioni che poi sopravvennero colle pioggie al suo pozzo, concluse senza esitanza, che il livello delle acque puteali si alza o discende in ragione inversa della pressione barometrica. Quindi dato questo fatto della sensibilità del livello dell'acqua puteale verso le variazioni atmosferiche, il Bianconi conchiude dicendo: « di aver stabilito colle presenti « ricerche quanto basta perchè d'ora in avanti negli studii « che si faranno intorno alle commozioni del suolo in re- « lazione coi mutamenti che subiscono i pozzi, farà d'uopo « tener calcolo della variabilità dei pozzi stessi in dipen- « denza dello stato barometrico dell'atmosfera. »

Quasi contemporaneamente al Bianconi l'egregio professor Carlo Desideri di Pescia, del quale pure deploriamo la recente immatura morte, impressionato dalla importanza del fenomeno puteale da me segnalato nella pubblicazione del quadro sismico del 1873, intraprendeva studii simili ai citati del Bianconi. Il Desideri ebbe il felice pensiero di organizzare osservazioni simultaneamente in tre pozzi diversi collocati in luoghi non lontani, ma neppure vicini fra loro. Presto egli si avvide della importanza e dello svolgimento

che avrebbe potuto prendere questo studio, al quale decise di dedicarsi con ogni cura. Volle intanto pubblicare un primo saggio delle sue osservazioni. Scelse perciò i pochi giorni che corrono dal 25 al 30 maggio 1874 per formare un quadro grafico comparativo delle sue curve barometrica e puteale. Le sue conclusioni non differiscono da quelle del Bianconi; che anzi sono alquanto più precise e particolareggiate, come apparisce dalle seguenti parole, colle quali egli conclude il suo importante *Saggio delle osservazioni sul cambiamento di livello nell'acqua di un pozzo in Pescia* [1].

« Stando all'esame delle curve, il rapporto fra le variazioni del pozzo e quelle del barometro verrebbe subito « manifesto e parrebbe che il primo tenda a crescere col « calar del secondo e viceversa. Si direbbe però che il barometro anticipi sempre di qualche ora sul pozzo le sue « variazioni.... »

« Propriamente si direbbe che la pressione atmosferica « non abbia azione immediata che sulla velocità degli accrescimenti ed abbassamenti del pozzo; e che gli uni per « cambiarsi negli altri abbian bisogno d' un certo tempo, « quasi che l'acqua, per esser ricacciata dentro o per nuovamente scaturire, indugi onde vincere una resistenza « dovuta forse alla strettezza della scaturigine ed alla « forza viva che la massa dell' acqua aveva precedentemente acquistata per la velocità di efflusso nel verso « contrario. »

Dopo i primi felici risultati ottenuti, il Desideri immaginò che per addentrarsi viemmeglio nell'analisi di questo nuovo fenomeno era necessario un istrumento grafico ed automa-

[1] *Rivista scientifica industriale italiana.* Firenze, luglio 1874.

tico, col quale fosse possibile ottenere direttamente dall'acqua la curva del suo livello nel corso del giorno. Fece egli l'istrumento semplicissimo, e pubblicò una seconda relazione dei suoi studii [1]. Trovò confermata la legge barometrica sopra riferita, ma vi aggiunse due importantissimi corollarii, il primo dei quali determina che non esiste una relazione precisa fra le quantità di aumento o diminuzione del pozzo e quelle della colonna barometrica. Ogni pozzo avrebbe una energia propria. Il secondo corollario stabilisce che in certi periodi la legge barometrica soffre delle anomalie, cioè che avvengono innalzamenti di livello quando cresce la pressione atmosferica e viceversa. Esaminate le anomalie, ne trova una grande parte coincidente con fenomeni di terremoto analogamente a quanto io avea stabilito sui primi esperimenti del Lorenzini di Porretta. Dopo ciò il Desideri imprende a considerare cotesta relazione fra le forze endogene e le variazioni delle acque nei loro serbatoi; e poichè coteste considerazioni svolgono appunto il tema che qui io dovrei ora trattare, sembrami un dovere cedere al Desideri stesso la parola, riferendo testualmente il brano del suo opuscolo che riguarda il nostro argomento.

Quantunque i fatti, egli dice, dai quali discendono le date conclusioni « non debbano subito valere a fondare una « teoria, non possono a meno di far rivolgere la mente « sull' influenza che le forze endogene terrestri esercitano « sulle sorgenti, nè possono a meno di farci sospettare che « il fenomeno dei pozzi sia intimamente a quelle forze col-

[1] *Considerazioni sul cambiamento del livello dei pozzi e di un apparecchio registratore*. V. *Rivista scientifica industriale italiana*. Giugno 1876.

« legato. Nè il supporre questo legame è supporre cosa
« impossibile. Ed in vero che nell'occasione di forti scosse
« di terremoto le acque delle sorgenti subiscano gravi al-
« terazioni, non tanto pel colore e sapore, quanto pel can-
« giamento di livello, è cosa nota.

« Il chiarissimo prof. Favaro [1] dell'Università di Padova,
« con quella vasta erudizione che è caratteristica di tutti
« i suoi lavori, in alcune recenti pubblicazioni ha raccolte
« notizie atte a far conoscere come anticamente e moder-
« namente fosse osservato che segno precursore dei terre-
« moti sia l'oscillar delle acque nei pozzi; così ricorda
« come il Cardano, nel suo libro *De subtilitate*, chiaramente
« vi allude nel passo: *Cum aquae puteorum sulphur metal-*
« *licumve aliud quid redolent, aut titubant, aut incalescunt,*
« *aut picantur praeter rationem, terraemotum imminere*
« *praenunciant.* Fra i molti altri fatti di data recente dal
« Favaro registrati, cito quello dal chiar. Conti di Cosenza
« osservato. Il Conti notò che assai prima del terremoto
« che incolse la provincia di Cosenza nell'anno 1870, i li-
« velli dei pozzi erano discesi per fino d'un metro, tanto
« che per attingere acqua molti ebbero ad allungar le funi.
« Questo stesso fenomeno posso assicurare si verificò anco
« in una località della provincia lucchese nel 1874, poco
« prima e durante il terremoto che in quell'anno vi fu sen-
« tito. Mi piace in ultimo aggiungere come il compianto
« illustre prof. Paolo Savi, nella sua Relazione sui terremoti
« di Toscana nell'agosto 1846 (un lavoro classico che tutti
« i cultori della fisica terrestre dovrebbero conoscere) [2],

[1] *Nuovi studii intorno ai mezzi usati dagli antichi per attenuare le disastrose conseguenze dei terremoti.*

[2] Savi Paolo. *Relazione de' fenomeni presentati dai terremoti di*

« parli dei fenomeni che presentarono le acque prima e
« durante il terremoto. Qui egli narra come nella pianura
« di *Cisanello*, in prossimità di Pisa, un pozzo era stato
« vuotato la mattina del 14 agosto, giorno nel quale accadde
« la scossa più forte, si riempì istantaneamente prima che
« fosse sentita la scossa medesima [1]. E parlando della
« sorgente di Casciana, dice [2]: — Pochi secondi prima
« della scossa vedevasi alzare da ciascuna polla un getto
« lattiginoso il quale non solo giungeva sino al livello del-
« l'acqua della vasca, ma anco un poco la passava: di
« modo che stando attenti alla comparsa di simili getti,
« eravi da predire l'arrivo delle scosse.

« Questi fatti adunque stanno a provare che le acque di
« molte sorgenti vanno soggette all' azione delle forze en-
« dogene quando queste sono di tale intensità da produrre
« i terremoti. Non è per conseguenza ipotesi molto azzar-
« data l'ammettere, siccome più sopra dicevo, che questa
« azione continui anche quando quella intensità è tanto
« minore da non produrre terremoti, ma solo moti micro-
« sismici; e quindi vien fatto di sospettare che nei pozzi
« i quali vanno soggetti a cambiamenti di livello indipen-
« denti dalle cause meteoriche esterne, le acque siano da
« un lato sollecitate dalla pressione atmosferica, e dall'altro
« dalle forze endogene; le quali, se si mantengono ad una
« tensione costante, lasciano il predominio alla pressione
« atmosferica, e vediamo allora il cambiamento di livello
« obbedire alla legge barometrica; mentre se invece ven-

Toscana nell'agosto 1846 e considerazioni teoriche sopra i medesimi. Pisa, tipografia Nistri, 1846.

[1] Ivi, pag. 55.

[2] Ivi.

« gono a subire nella loro intensità quelle modificazioni
« straordinarie che producono terremoti se grandi, moti
« microsismici se piccole, si hanno le anomalie alla legge
« barometrica: anomalie per accrescimento se l'intensità
« aumenta, anomalie per depressione se diminuisce. Questa
« ipotesi, mentre rovescerebbe affatto la teoria fino ad ora
« adottata per spiegare l'alimentazione dei pozzi, e sulla
« quale per il momento è giuocoforza sospendere ogni giu-
« dizio, avrebbe il pregio di spiegare razionalmente non
« che il fenomeno generale, la legge barometrica, le due
« specie di anomalie a questa legge, e nel tempo stesso
« verrebbe a rendere lo studio del cambiamento di livello
« dei pozzi potente ausiliario di quello dei moti pendolari
« grandi o piccoli dovuti agli scuotimenti terrestri.

« Per altro insisto su questo che non potremmo sfuggire
« alla taccia di voler troppo precipitosamente generalizzare
« e dar giudizii troppo avventati, ove oggi con tanta scar-
« sità di fatti si pretendesse di proclamare definitivamente
« la verità della supposta ipotesi. I fatti finora conosciuti
« e studiati, più che altro valgono a stabilire quale sia la
« traccia da seguirsi nello studio del fenomeno per potere
« accettare l'ipotesi o rigettarla affatto.

« Giova, a mio credere, prender nota di quanto in tal
« materia è ormai comprovato, di quanto è solo probabile,
« di quanto è da studiare; e ciò nel modo seguente:

« *Leggi la cui verità è incontrastabile:* — 1.° Molte sor-
« genti sono soggette all'azione delle forze endogene tellu-
« riche. 2.° Molte sorgenti offrono nel cambiamento di li-
« vello variazioni indipendenti dalle cagioni meteoriche or-
« dinarie che sogliono far diminuire od aumentare la quan-
« tità d'acqua.

« *Leggi probabili da confermare:* — 1.° Ordinariamente
« il cambiamento di livello indipendente dalle cause meteo-
« riche, è in rapporto con le variazioni della pressione
« atmosferica: cala il livello al crescere della pressione e
« viceversa. 2.° Si verificano non di rado delle anomalie a
« questa legge: avvi cioè talvolta abbassamento di livello
« al diminuire della pressione atmosferica e viceversa.

« *Problemi da risolvere:* — 1.° Posto sia confermata la
« legge barometrica, è a ritenersi che le forze endogene
« internamente sollecitino le acque sorgive e facciano equi-
« librio alla pressione atmosferica che su queste gravita? —
« 2.° Se sì, la legge barometrica verificasi solo quando
« queste forze endogene offrono una resistenza, per così
« dire, passiva alla pressione atmosferica? — 3.° Le ano-
« malie son dovute all'azione attiva contro la pressione
« atmosferica, che le rammentate forze endogene concepi-
« scono allorquando in certe date circostanze, modificandosi
« nella loro intensità, danno luogo agli scuotimenti terrestri
« piccoli e grandi? — 4.° In qual rapporto stanno con i
« moti pendolari le anomalie? »

Da coteste giustissime riflessioni del Desideri emerge un fatto di altissima importanza per gli studii di meteorologia endogena; ed esso è che le oscillazioni dei livelli dei pozzi depurate dalla causa barometrica possono rivelare fenomeni endogeni direttamente senza dipendere da terremoti sensibili. E dato l'altro fatto della diversa energia dei diversi pozzi, si vede chiaro che uno studio complessivo di molti di questi nella medesima regione ed in regioni diverse può rivelare fatti nuovissimi tanto relativi alla circolazione delle acque in generale, quanto relativi al regime idraulico di ciascuna sorgente speciale. Per mezzo della

energia e sensibilità diversa delle varie scaturigini d'acqua avremmo una varietà di esplorazioni delle profondità terrestri. Sopratutto poi sarebbe utile uno studio comparativo di tale sensibilità istituito fra le acque minerali e termali e le sorgenti pure, per vedere se più sensibili fossero le acque che razionalmente possiamo sospettare trovarsi in maggiore contatto colle azioni interne della terra. Una prova della verità di questo concetto l' abbiamo nelle perturbazioni notate dal Degoussée e dal Laurent nel regime di alcuni pozzi artesiani in occasione di terremoti avvenuti lungi dalla contrada dove erano i pozzi medesimi [1]. In questo caso l'acqua del pozzo artesiano colla sua perturbazione manifestava per via diretta un fenomeno endogeno.

In vista di ciò io pregai per un primo tentativo il chiarissimo dott. Morandi di Monte Catini, che mi raccogliesse un qualche dato ed una qualche osservazione in quel tanto celebre centro di scaturigini minerali. Non tardò egli a rinvenire fatti importanti, che così mi descrisse:

« . . . . Le promisi di osservare se le acque minerali contenute nei nostri crateri presentassero qualche cambiamento di livello che stesse in rapporto coll'elevarsi ed abbassarsi della colonna barometrica. Essendo io mancante affatto di strumenti di precisione, non ho potuto, nè posso offrire una serie di osservazioni con formule esatte, ma non ostante voglio renderla avvertita di quanto ho verificato in modo grossolano con galleggianti.

« Le acque dei nostri crateri, e segnatamente quella del Tettuccio, presentano varii fenomeni endogeni, che stanno in rapporto coi perturbamenti atmosferici. L'acqua del Tet-

[1] V. *Comptes rendus*, t. 57, pag. 115, 116, 13 luglio 1863.

tuccio all'approssimarsi di qualche burrasca s'innalza sensibilmente di livello, s'intorbida leggermente e acquista uno speciale sapore terroso, mantenendo inalterata la temperatura. Quando si verificano questi fenomeni la colonna barometrica si abbassa; ed anzi m'è sembrato che il più ed il meno della depressione barometrica stia in rapporto colla massima o colla minima elevazione dell'acqua.

« Il custode delle polle mi assicura che egli da varii anni ha veduto sempre preannunziati i cambiamenti atmosferici dai fenomeni suddetti.

« Le diceva che le acque leggermente s'intorbidano nelle circostanze suaccennate: infatti a tempo sereno e costante l'acqua è limpida e trasparente tanto che chi si affaccia al recinto murario del cratere può vederne chiarissimo il basso fondo: mentre se il tempo volge a pioggia e il barometro lo segnali, diminuisce la trasparenza e la limpidezza; e dal fondo del cratere si veggono salire alla superficie in doppia e tripla proporzione bolle d'aria e di gas da sembrare una vera ebullizione. Quest'ultimo fenomeno è marcatissimo nell'acqua del Rinfresco.

« Sarebbe davvero interessante il poter constatare con analisi comparative quali modificazioni transitorie subiscano in queste speciali circostanze i principii fissi e volatili, quale strage di microfiti avvenga, e come e quanto si alteri lo stato termo-elettrico delle acque stesse. Le analisi che si sogliono fare a lunghi intervalli e nei modi ordinari non crederei che potessero mai rispondere a certi quesiti. Sono analisi di acque morte, sottratte cioè a tutte le influenze modificatrici della vita terrestre. »

Ed in altra lettera il medesimo Morandi soggiungeva:

« . . . . Non posso che confermare i fatti che le annun-

ziai circa i fenomeni endogeni osservati da me nei crateri delle nostre acque. Solamente debbo aggiungere che l'innalzamento e l'abbassamento del livello delle acque in ragione inversa della colonna barometrica è sensibilissimo nel cratere del Tettuccio; e quivi pure si osserva più che negli altri crateri un certo intorbidamento dell'acqua, non che un sapore terroso e un odore *sui generis* all'approssimarsi di qualche burrasca: fenomeni tutti che mi sembrano collegati allo sviluppo maggiore di vita endogena durante le perturbazioni atmosferiche. Per un paio di volte ho potuto constatare un aumento di temperatura nel periodo del maggiore innalzamento di livello. Questo fatto, se non erro, mi sembra spiegabile per la ragione che trattandosi di un'acqua termale, la cui direzione si ritiene verticale, nello stadio di perturbazione essendo aumentata a tergo la forza espulsiva, dovrebbe perdere meno quantità di calore per giungere alla superficie.

« Il dottor Labat vice Presidente della Società idrologica di Parigi, che visitò nel 1875 le nostre terme, sarebbe d'avviso di fare in via d'esperimento un pozzo artesiano nella vicinanza di un cratere, onde ottenere l'acqua minerale a una temperatura superiore all'attuale. L'idea del Labat mi pare logica. Se quest'acqua d'origine profonda per venire alla superficie è costretta a perdere una buona parte del calore, che le è proprio, traversando molti strati terrosi, con un pozzo artesiano potremmo giungere in vicinanza del grande bacino d'acqua che sta nel nostro campo minerale, e avere l'acqua a una temperatura più elevata. »

Al punto di vista delle relazioni fra i livelli delle acque e le azioni endogene saranno io credo di grande valore le osservazioni fatte dal De Luca nell'acqua termo minerale

della solfatara di Pozzuoli dal 1871 in poi. Egli ha divulgato testè un primo saggio di coteste osservazioni. Ma poichè so aver esso in animo di pubblicare presto il rimanente, stimo opportuno prendere ad esame questo nuovo elemento quando esso sarà completato. Laonde mi lusingo che giunga in tempo per istudiarlo nel secondo volume, allorchè indagheremo l'andamento di tutti i fenomeni endogeni d'Italia negli anni decorsi dal 1873 al 1878.

Parlando dei livelli dei pozzi in relazione con la pressione barometrica, non debbo tacere che questa legge barometrica fu veduta e confermata con nuovi esperimenti in Bologna dal ch. P. Siciliani, il quale ne pubblicò un ragguaglio [1]. Ivi anzi egli aggiunse che l'acqua la quale circola nei canali terrestri rappresenta come un enorme indice di un grande manometro terrestre che si abbassa o si eleva nella canna del pozzo, secondo che la pressione atmosferica crescendo o diminuendo viene per mezzo di questo grande indice a comprimere più o meno le masse gassose raccolte nelle cavità sotterranee, al disotto delle quali passano le acque, che alimentano i pozzi. Anche il ch. conte Malvasia introdusse fra le regolari sue osservazioni tromosismiche quella del livello di un pozzo; e ne trae utili insegnamenti per quello che il Desideri chiamò *anomalie.* Ad ogni più lieve scossa di terremoto il pozzo del Malvasia trovasi alterato sensibilmente nel livello; e lo mostra automaticamente nella curva grafica ivi ottenuta con l'apparecchio del Desideri. Nel 1876 eziandio il Monte stabilì nell'Osservatorio meteorologico di Livorno l'osservazione

[1] *Studi sul cangiamento di livello dell'acqua dei pozzi in relazione colla pressione atmosferica.* 1877.

giornaliera puteale. Il pozzo di Livorno conferma la verità della sentenza del Desideri relativa al variare la energia dei pozzi diversi: perchè oltre all'essere la curva di questo pozzo assai poco ondulata, il Monte ha osservato che solo nei repentini e grandi cambiamenti del barometro il livello dell'acqua vi si alza o vi si abbassa. Anche altri altrove hanno intrapreso l'esame dei livelli delle acque; sicchè ormai questo studio può dirsi in via di estesa organizzazione in Italia.

Questi primi saggi del novello studio sono risultati, che promettono un luminoso avvenire all'analisi di questo fenomeno endogeno sconosciuto ed inesplorato, del variare il livello delle acque nei pozzi indipendentemente dall'afflusso conseguente le vicende delle stagioni. La brevità di questo sunto non mi permette di più dilungarmi sulla materia dei pozzi considerati come fenomeno endogeno; ma ciò nonostante sembrami aver abbastanza provato, che il livello delle acque muta colle pressioni atmosferiche e coi terremoti, e si mostra così fenomeno degno di osservazione continua.

Volgendo l'occhio ai laghi grandi e piccoli ed agli stessi bacini marini, viene qui spontanea la dimanda, se tali serbatoi possano esser considerati come pozzi giganteschi; ed in tal caso vedere se vi si potessero verificare gli stessi fenomeni. E veramente, per ciò che spetta ai laghi, niuno ignora gli studii interpolatamente fatti sul lago Lemano nella Svizzera; dai quali studii apparve evidente subire esso variazioni di livello indipendenti talvolta dalla stagione, e talvolta chiaramente collegate colla pressione barometrica. Ora poi divengono ogni di più importanti gli studi del Forel sulle oscillazioni di cotesti laghi alpini, perchè una nuova causa o forma della medesima ci viene inaspettata-

mente rivelata. Siffatta causa o piuttosto forma consiste nel movimento delle onde secondo certi definiti assi dipendenti dalla configurazione dei bacini, come nei pendoli le oscillazioni si compiono in tempi determinati dalla lunghezza dei loro fili. Molti altri casi conosciamo poi di misteriosi turbamenti dei livelli dei laghi, massime di quelli che non hanno emissario.

La stessa interrogazione può farsi per i mari, nei quali oltre al fatto notissimo del maremoto, conseguenza del terremoto violento, nulla osta che vi si possa verificare il piccolo maremoto o piuttosto rigonfiamento di onde per piccolo ovvero lontano terremoto. E qui potrei mostrare colle mie osservazioni stesse recentissime, che alcune straordinarie inondazioni marine avvenute in Italia provennero da agitazione sismica combinata con burrasca barometrica. E per converso se da una parte le osservazioni ci autorizzano a considerare i pozzi come punti manifestanti il livello dell'acqua nei grandi bacini sotterranei; colle medesime osservazioni da altra parte finiremo forse per riconoscere nelle mutazioni di quei livelli l'effetto ondoso prodotto sul liquido sotterraneo dai terremoti piccoli o lontani agenti entro quei bacini. Con questo concetto sono pienamente spiegati anche i disseccamenti ed i rigurgiti istantanei che si verificarono sempre nei pozzi all'occasione dei grandi terremoti. Ma intorno al mare ora sorge anche la teoria sismica delle maree proclamata dal Grablovitz di Trieste. Intorno a quest'altra novità sorta fra i nostri studii non posso qui estendermi, nè perciò discuterla: mi basta però additare questa nuova ed alta questione sollevata dagli odierni studii italiani sulla endodinamica.

CAPO VIII.

VARIAZIONI DI TEMPERATURA E DI MINERALIZZAZIONE NELLE ACQUE TERMO-MINERALI E STUDI CHIMICI SULLE VARIAZIONI DEI GAS ERUTTIVI.

Per amore della già notata brevità senza altro considerare nella circolazione delle acque, vengo ad alcune poche osservazioni sulle acque termali e minerali. Le quali osservazioni additano un fatto, secondo me della più alta importanza, relativo alle temperature della crosta solida del globo. Niuno ignora che lo strato detto a temperatura costante varia di profondità nei luoghi diversi. Sappiamo del pari, che la temperatura del suolo in molti luoghi non è in relazione col calore solare; ma invece in relazione con un calore endogeno. Una prova ovvia ce ne offrono i terreni circostanti un vulcano od una sorgente termale, e lungi dai vulcani le caverne stesse ad elevatissima temperatura, come quella di Monsummano in Toscana. Vi sono luoghi invece, dove l'acqua può sotterra convertirsi in ghiaccio. Tanto nel freddo, quanto nel caldo terreno, non sappiamo se la temperatura si mantenga costante; e posto che essa non fosse sempre uguale, il seguirne le oscillazioni sarebbe certo uno studio capace di fruttare importanti rivelazioni scientifiche. Molti fatti poteano far nascere il sospetto della esistenza

di tali variazioni; e perciò nel programma del mio bullettino pubblicato nel dicembre 1873 io raccomandava l'assidua esplorazione della temperatura almeno delle acque termali. Poco dopo, cioè nel 1874 il prof. Sebastiano De Luca, nelle sue *Ricerche sperimentali sulla solfatara di Pozzuoli*, ragionando della temperatura delle acque sorgenti in quel cratere, riferisce di avervi eseguito osservazioni termometriche giornaliere, cominciandole agli 11 settembre 1868, proseguendole fino alla pubblicazione del suo lavoro. Da queste osservazioni egli dice essergli risultato che « la temperie di quell'acqua aumenta proporzionatamente a quella « dell'atmosfera; che nelle ore mattutine e verso il tramonto « del sole si nota in quell'acqua un leggero abbassamento « di temperatura... che può stabilirsi la temperatura media « di quell'acqua in 52 gradi centigradi, che raramente si abbassa di qualche grado; ma che in qualche giorno, come « nelle ore pomeridiane del settembre 1868, dal 17 cioè al 25, « il termometro ha potuto segnare una elevazione di temperatura compresa tra i 53 e i 59 centigradi, mentre gli « abbassamenti giungono raramente fino a 49 centigradi. »

Questa pubblicazione del De Luca sembrava fatta per dimostrare giusta ed utile la mia raccomandazione. Alla quale, per quanto io sappia, due soli in Italia corrisposero, dedicandosi a qualche osservazione su questo punto. Il professor D. Simone Medichini in Viterbo cominciò le sue osservazioni nelle acque del celebre Bulicame. Il signor ingegnere Angelo De Andreis in Civitavecchia procurò raccogliere qualche dato dalle acque termo-minerali Traiane. Il De Andreis per il primo notò, che nei giorni, nei quali l'acqua Traiana sembrava più calda, il pendolo sismografico da lui osservato quotidianamente mostravasi agitato. D'onde

giustamente egli inferiva esistere probabilmente qualche intima relazione fra i tremiti del suolo e l'elevarsi la temperatura dell'acqua termale.

Le osservazioni poi del Medichini furono già da me quasi tutte pubblicate nel bullettino del vulcanismo italiano, ma giammai discusse ed annotate. Tale discussione qui mi obbligherebbe a fermarmi sopra questo punto più di quello che possa permettere il rapidissimo sunto che vado tracciando, ed oltre a ciò sarà bene confrontare il quadro delle osservazioni del Medichini con i quadri statistici dei fenomeni endogeni, come abbiamo detto delle variazioni del livello dei pozzi; ma in vista della novità dell'argomento e della importanza delle conclusioni, mi proverò a parlarne, non dimenticando la imposta brevità. Comincio dall'ommettere la serie delle osservazioni del Medichini in parte già pubblicate [1]: ometto pure il quadro che io ne ho ricavato per analizzarle. Mi contento accennarne i risultati, rimettendo al secondo volume la discussione di ogni punto. Esaminando l'andamento generale della temperatura vedesi, similmente all'osservato dal De Luca in Pozzuoli, la temperatura dell'acqua elevarsi nell'estate ed abbassarsi nell'inverno. Ciò sembrerebbe accordarsi colla temperatura dell'atmosfera. Ma ponendo mente alla relazione che passa in ciascuna osservazione fra la temperatura dell'aria e quella dell'acqua, vedesi ad evidenza che poca o nulla è l'influenza immediata della temperatura dell'aria su quella dell'acqua. L'acqua perciò eleva la sua media temperatura coll'elevarsi forse della media della temperatura del suolo. Ciò posto esaminando le oscillazioni del calore al disopra ed al di-

[1] *Bullettino del vul. ital.* Ann. I, pag. 150, ann. II, pag. 88.

sotto della media di ogni stagione, io trovo le oscillazioni generalmente aver raggiunto massimi più elevati negli anni più ricchi di terremoti. Così i massimi della temperatura, salvo una eccezione, decrescono gradatamente col numero dei terremoti dal 1873 al 1874, e da quello al 1875 e 1876. Il Medichini fece le osservazioni quando potè recarsi sul luogo, che è abbastanza lontano da Viterbo; perciò alcuni mesi a seconda delle combinazioni riuscirono più fecondi di osservazioni, altri più mancanti. Ma presi i massimi osservati quali sono, senza pretendere di osservarvi nulla nel loro periodo e soltanto paragonandoli con la statistica dei terremoti italiani, ho trovato che tutti i massimi della temperatura delle acque termali corrispondono con periodi sismici e generalmente precedono i massimi sismici della penisola. La temperatura del Bulicame adunque si mostrerebbe in ciò concorde con lo studio dei terremoti microscopici, che poscia esporremo; i quali pure generalmente precedono i massimi sismici sensibili. Si mostrerebbe pure concorde con le poche osservazioni sopra riferite dal De Andreis, che trovò l'acqua Traiana più calda, allorchè agitavasi il suo pendolo sismografico. Con questi risultati viene curiosità di esaminare in quali relazioni siasi ritrovato il periodo di riscaldamento verificato nella solfatara di Pozzuoli dal De Luca nel settembre 1868, coi fenomeni sismici di quel tempo. Fatto il confronto vediamo quell'elevata temperatura precedere immediatamente la ricomparsa dell'eruzione al Vesuvio, che avvenne ai primi di ottobre. In tutti questi fatti adunque è lecito intravvedere, che mediante l'alterazione della temperatura le acque termali rivelano l'andamento dell'endogeno lavorío, che finora attendevamo manifesto solo nelle grandi eruzioni e nei grandi terremoti.

In questo medesimo concetto quasi entrò anche l'illustre e compianto P. Secchi, allorchè nel 1859 recossi a Norcia, mandatovi dal Governo Pontificio, per studiare ed esaminare le cause locali del disastroso terremoto ivi avvenuto. Fu riferito al Secchi che durante uno dei minori terremoti di quel periodo sismico, le acque sulfuree di Triponzo elevarono tanto la loro temperatura da obbligare un bagnante ad uscirne in fretta. Il dotto astronomo, credendo pur possibile una esagerazione in questo fatto, nota che sarebbe però utilissimo l'avere giornaliere esplorazioni della temperatura delle acque termo-minerali durante i periodi sismici del luogo [1]. E qui, relativamente al detto luogo di Triponzo, io faccio osservare che esso è collocato nell'incrociamento di grandi fratture della crosta terrestre, anzi nell' interno delle medesime, e che le grotte ivi esistenti sono soggette a variazioni continue nella elevata temperatura di cui sono dotate. Ma ciò stesso dimostra che non solo le acque termali meritano osservazioni termiche, il suolo stesso, come ho accennato da principio, massime in alcuni luoghi, può essere soggetto a sensibili variazioni di temperatura.

Tale mia opinione viene confermata da molti fatti anticamente e recentemente osservati, che potrebbero copiosamente esser rinvenuti nelle storie massime dei terremoti. E per citarne taluno assai parlante e bene accertato, ricordo ciò che fu osservato testè nelle Isole di S. Paolo e di Amsterdam dalla spedizione scientifica francese, che vi si recò a studiare il passaggio di Venere avanti al Sole.

[1] SECCHI. *Escursione scientifica fatta a Norcia ad occasione dei terremoti del 22 agosto 1859*, pag. 30.

I geologi della Commissione, esplorando il terreno, ne ammirarono le manifestazioni di recentissima ed in parte contemporanea attività vulcanica. Videro il variare della temperatura del suolo nelle diverse regioni, fra le quali incontrarono una zona lineare nella quale cotesta temperatura essendo elevatissima, variava anche di giorno in giorno. Essa raggiungeva perfino i cento gradi; ma vi poterono un giorno osservare esser giunta anche a 200 gradi fondendo lo stagno di alcuni istrumenti lasciativi. Videro pure i detti geologi che cotali rialzi della temperatura coincidevano ed erano proporzionali nella intensità colle grandi maree che urtavano sulla costa [1].

In pari tempo il signor Bouquet de la Grye, nella medesima terra, fece osservazioni sui movimenti spontanei microscopici di un pendolo. Dalle quali osservazioni, quantunque ignorasse le nostre scoperte italiane sui terremoti microscopici, concluse che l' Isola di S. Paolo era soggetta a tremiti sismici frequentissimi ed insensibili. Vide pure il Bouquet de la Grye che coteste agitazioni sismiche coincidevano coll'alta marea [2]. Dunque coll'alta marea coincidevano in S. Paolo tempeste telluriche microsismiche e termiche; lo che concorda maravigliosamente con quanto finora sono venuto svolgendo sull' esistenza di variazioni della temperatura del suolo, basandomi sulle nostre osservazioni italiane.

Lo studio della temperatura delle acque termominerali e del suolo stesso in relazione ai terremoti, come si vede, è

[1] J. Poisson. *Iles Saint-Paul et Amsterdam. — Nature,* 25 dicembre 1875, p. 54.

[2] *Comptes rendus,* 22 marzo 1875, fasc. 11.

appena iniziato e già apparisce fecondo di risultati. Quanto non diverrà più importante poi quando se ne allarghino i confronti e si porti la indagine sull' andamento della temperatura meteorica durante i periodi sismici? Basti qui accennare l' importantissima osservazione fatta dal Denza nell' estate 1873, quando i terremoti imperversarono nell'Italia media e nella settentrionale. Allora appunto osservò il Denza che in Italia la temperatura si mantenne sempre più elevata che in Alessandria di Egitto. Nel qual fatto egli vedeva « che la causa dei calori italiani non poteva ripe-« tersi direttamente dal sole, perchè in tal caso esso avrebbe « dovuto estendere il suo influsso su gran tratto del pianeta « che abitiamo; e non restringersi ad una porzione limita-« tissima, quale si è quella occupata dalle italiche re-« gioni [1]. »

Oltre a tutto ciò, io vidi che furono in grande ritardo le pioggie autunnali, le quali però non sarebbero mancate per difetto di venti australi, ma per effetto di una misteriosa forza calorifica emanante dalla terra. Vedevansi i vapori acquei venire sulle ali dei venti dal mare durante le regolari burrasche; ma giunti sulla terra sparivano, come se quivi dovessero dilatarsi per eccessivo calore. Intanto non mancavano i violenti temporali, evidentemente sismici, nei luoghi stessi battuti dal terremoto. In quell' anno poi non si riordinò il circolo meteorico finchè non cessò il massimo sismico del Veneto e della Terra di Lavoro. Infatti trovo osservato dal Ferrari che in quell' anno medesimo perfino la immancabile burrasca detta di S. Michele nel fin di settembre, passò per l' Italia senza pioggia, sfo-

[1] Denza. *Fenomeni cosmici*. Lett. al *Diritto*, 1 sett. 1873.

gandosi rabbiosamente in vento furioso con grandi disastri di terra e di mare [1]. Non è questo il luogo nel quale io debba addentrarmi nello studio delle relazioni tra i terremoti e la temperatura meteorica, che sarà argomento di speciale analisi nel trattare dei terremoti in particolare; ma mi è lecito osservare che per antica esperienza e tradizione sappiamo la lunga secca ed il calore soverchio andar congiunti al terremoto frequentissimamente; come pure vediamo il terremoto avvenire intorno ai massimi della temperatura, sia della stagione, sia del giorno, nel quale lo scuotimento della terra si fa sentire. Sarà dunque pur lecito il dubitare se questo massimo termico meteorico sia l'effetto soltanto del proprio andamento meteorico atmosferico, ovvero sia accresciuto da un fattore endogeno terrestre. Se a tutti questi dati della temperatura aggiungiamo la tradizionale e proverbiale afa terremotale, che fa presentire vicino il terremoto, dovremo persuaderci che nell'esame della temperatura endogena esiste un campo di ricerche utili e manifestanti una forma meteorologica nella endodinamica tellurica.

Se l'esame della temperatura delle acque, sopratutto termali, ci si mostra così ricco di dati per il nostro studio, non credo che sarebbe di minor pregio l'analisi quotidiana della mineralizzazione delle acque minerali. Dato già il variare di temperatura, varierà anche la facoltà solvente dell'acqua; e da ciò solo potrà derivare un diverso grado di mineralizzazione. Ma se interroghiamo l'esperienza, pos-

[1] *Meteorologia romana* (Estratto dalla *Monografia archeologica e statistica di Roma e campagna romana*, presentata dal Governo italiano alla Esposizione di Parigi del 1878), pag. 105.

siamo pure persuaderci che tal variazione avviene veramente. E dapprima le differenze, quantunque piccole, che si notano nelle analisi chimiche delle acque fatte in tempi diversi, possono farci sospettare che quelle differenze non siano sempre effetto di imperizia o di metodo o di mezzi diversi adoperati; ma piuttosto vera differenza qualitativa od almeno quantitativa nei principii minerali dell'acqua in tempi diversi. In secondo luogo, molte volte il sapore stesso delle acque minerali riesce variabile al palato, e questo sembrami un evidente indizio del variarne la chimica combinazione. Ricordi qui il lettore le osservazioni del Morandi sull'intorbidamento e sui gas dell'acqua del Tettuccio in Montecatini, da me riferite nel capitolo precedente. Da ultimo, sapendosi per antica esperienza che nei grandi terremoti si mineralizzano le acque pure e si alterano le mineralizzate, applicando il medesimo raziocinio già fatto di sopra, potremo inferire che o nei terremoti o nella sequela di periodi sismici piccoli effetti debbono potersi verificare. E se consideriamo alquanto anche la cagione della pressione atmosferica, dovremmo trovare anche in questa un agente sulla mineralizzazione. Perchè le acque minerali, le quali giunte alla superficie sogliono liberarsi da molta parte gassosa, egli è chiaro che si troveranno in condizione diversa per tale disperdimento a bassa o ad alta pressione barometrica. Quest'ultimo fatto fu materialmente verificato nelle acque Albule, presso Tivoli, durante il periodo sismico del 1873 [1]. In quella occasione il gas acido carbonico emanante dalla superficie crebbe di tanto, che non si poteva rimanere nel bagno di quell'acqua per l'op-

[1] *Bullettino del Vulcanismo italiano*. Anno I, pag. 86.

pressione del respiro. Sono prova dello stesso variare le condizioni minerali delle acque i mille notissimi fatti degli animali asfissiati presso le acque sulfuree allorchè vi si recano a bere secondo l'abitudine, e trovano elevato lo strato dell'acido carbonico da essa lasciato libero.

Ma ciò che prova insieme il variare la mineralizzazione delle acque e l'avvenire ciò congiuntamente alle variazioni di temperatura, sono le esperienze del Boussingault sulle acque minerali dei vulcani delle Ande in America. Questo autore trova che il variare la temperatura e la quantità dell'acqua o vapore delle fumarole vulcaniche, fa variare la mineralizzazione delle acque sgorganti in prossimità dei crateri [1]. Dove non sono vulcani apparenti, ma esistono acque minerali, debbono agire cause e fenomeni il cui risultato essendo identico a ciò che si verifica presso i vulcani, debbe esserne identico più o meno anche il processo e le fasi. Massime poi avendo verificato il variare delle temperature che sui vulcani, secondo Boussingault, è la causa principale delle variazioni, rimane constatata l'esistenza appunto della causa variabile la più efficace.

Anche un altro indizio assai superficiale ci fa concludere però con molta certezza sulla esistenza di variazioni di mineralizzazione collegata con fenomeni endogeni. Nell'estate 1877 il Vesuvio era in attività alquanto straordinaria: durante quel periodo io potei tener dietro a quanto osservavasi negli stabilimenti balneari, detti i *Bagnoli*, presso Pozzuoli. Ivi fu osservato che in precedenza dei rinforzi della attività vesuviana accrescevasi la mineralizzazione apprezzabile e perfino l'azione sensibile sulla pelle dei ba-

[1] Sebastiano De Luca. *L'Incoraggiamento*. Anno III, 1873, p. 167.

gnanti. Dunque anche la mineralizzazione delle acque è fenomeno endogeno soggetto a variazioni di forma meteorica.

In vista di cosiffatte considerazioni, io ho più volte proposto ad amici professori di chimica di studiare il modo di comporre cartoline sensibili per ciascuna qualità d'acqua minerale, onde esplorarne giornalmente la mineralizzazione in modo simile al praticato per l'ozono. Il prof. G. Bellucci di Perugia tentò la prova per il primo; e non sarebbe senza interesse il riferire i suoi tentativi, i quali, se non condussero ancora al desiderato risultato, potranno in avvenire condurvi altri od il Bellucci medesimo.

Un altro mezzo opportuno per l'analisi giornaliera delle acque massime minerali, sembrami che potrebbe trovarsi nelle analisi spettroscopiche dei saggi giornalmente estratti dalla sorgente. Anzi l'analisi spettroscopica potrebbe giovare anche per le acque pure che menomamente si mineralizzano per effetto di azioni endogene. Anche di questo fatto non si può dubitare se bene si considerano tutti i dati già raccolti e gli altri sui fenomeni eruttivi, che formeranno il soggetto del seguente capitolo. Tutto insomma concorre a provare che le acque circolanti sotterra sono soggette ad azioni endogene che ne alterano variabilmente la temperatura e gli elementi chimicamente o meccanicamente in esse disciolti. Sotto questo punto di vista esse partecipano della natura dei fenomeni eruttivi. Infatti, i gas che emanano dalle acque o che liberi escono dai crepacci del suolo, ne formano direi quasi anche l'anello di congiunzione della classificazione dei fenomeni. Cotesti gas ne sono l'anello anche per ciò che riguarda le analisi da istituirsi sulle dette variazioni. Sono già noti gli studii del Sainte-

Claire de Ville, del Fouquet, del Silvestri sui gas eruttivi e sulle loro varietà corrispondenti alle diverse fasi delle eruzioni dei vulcani. Il De Luca poi ha testè intrapreso nella solfatara di Pozzuoli un nuovo studio che io stimo essere della più alta importanza anche per la meteorologia endogena. Egli raccoglie giornalmente sopra carte i depositi cristallini, formati dai gas della solfatara, allorchè questi debbono abbandonare i principii solidi uscendo all'aria libera. Sopra cotesti depositi giornalieri il De Luca ha cominciato ad istituire analisi chimiche, i cui risultati in serie ordinati ed accumulati attendiamo dover essere splendidissimi. Nella espettativa adunque di molteplici ulteriori studii, queste poche cose che ho potuto esporre intorno alle acque minerali abbastanza chiariscono che anche in esse è un campo da esplorare per la meteorologia endogena, e che questo ramo non fu dimenticato fin dai primi tentativi del nuovo studio in Italia.

CAPO IX.

FORMA GEOLOGICO-METEOROLOGICA DEI FENOMENI ERUTTIVI E SISMICI IN GENERALE.

Ora, lasciando tutto ciò che si riferisce agli elementi di meteorologia endogena desumibili dalla circolazione delle acque, potremo rivolgerci ad esaminare alquanto la stessa materia nei fenomeni che ho detto esser d'ordine eruttivo. In questo esame non dovrebbonsi considerare i grandi fenomeni delle eruzioni vulcaniche, le quali appunto per la loro vastità non passano in Italia giammai inosservate, ma dovremo tener dietro alle piccole variazioni delle manifestazioni minori e secondarie, massime delle appellate *Pseudovulcanismo*. Il poco tempo trascorso da che furono da me iniziati gli studii di meteorologia endogena sul sistema di continue osservazioni, non permise finora di raccogliere una vasta messe di fatti relativi alle suddette piccole variazioni. Le relazioni fornitemi massime dal Palmieri intorno ai fenomeni del Vesuvio, mi hanno permesso di riferire nel mio *Bullettino* una regolare *Cronaca vesuviana*. Volgendo l'occhio a questa cronaca, il fatto delle periodiche variazioni comparisce evidentissimo, come pure la coincidenza, già osservata dal Palmieri, dei rinforzi d'attività nelle sizigie lunari.

Presto si raccoglieranno simili osservazioni sull'Etna dal Silvestri ed in altri luoghi dagli altri ogni di crescenti osservatori. Ma qui ci basta la sola ragione e qualunque minima esperienza a dimostrare, che tali variazioni debbono esistere dappertutto nei fenomeni eruttivi; e che esistendo sarebbe di molto lume il tenervi dietro registrandole, per poi paragonarle fra loro nel tempo e nella topografia. Mi contento di richiamare alla mente di chi legge due soli fatti capitali nel nostro esame. Essi sono i seguenti: 1.° È cosa notissima, che il terremoto accompagna, o precede, o segue spessissimo le alterazioni dei fenomeni eruttivi; 2.° tutti i fenomeni eruttivi localmente considerati risentono le variazioni della pressione barometrica; e funzionano perciò come barometri naturali. Questo fatto, se fosse studiato ed esaminato nei suoi particolari, sarebbe assai luminoso; ed in Italia specialmente abbiamo su ciò aperto un campo vastissimo d'osservazione. Se pure tralasciando il resto io volessi svolgere alquanto i fatti dimostranti l'accrescersi delle emanazioni di acido carbonico nei sotterranei dei nostri terreni vulcanici ed esaminare le caverne o i crepacci dei nostri monti che fumano e fondono le nevi nell'inverno colla bassa pressione, potrei fare un capitolo di vivissimo interesse scientifico. Molti fatti di questo genere furono osservati negli ultimi decorsi anni e riferiti nel mio *Bullettino del Vulcanismo italiano*. Ma i cenni dati sembranmi sufficienti per poter stabilire che terremoto e pressione barometrica sono due grandi fattori mai sempre attivi in tutti i fenomeni d'ordine eruttivo. Anzi può dirsi meglio, che il terremoto e la depressione barometrica si presentano associati a tutti i fenomeni d'origine endogena. Se poi ne siano causa o solo compagni fedeli, sarà lo studio che dovrà

chiarirlo più di quello che ora si comprenda. Infatti prendendo ad esame anche le sole osservazioni del Medichini nel Bulicame di Viterbo, e segnatamente quelle sull' emissione dei gas dalla sorgente dell'acqua termale, risulta che questa emissione non presenta un rapporto diretto con la temperatura, ma sembra piuttosto ubbidire alla pressione barometrica, senza però mostrarsene servilmente dipendente. La pressione molte volte diminuendo favorirebbe l'emissione del gas che non si mostra; mentre talora il gas si svolge abbondante con un' alta pressione che dovrebbe essergli di impedimento.

È quistione vecchia e molto già discussa, ma non definita, il sapere se la pressione barometrica influisca o no sulle manifestazioni del vulcanismo. Potrebbesi quasi dipingere lo stato della quistione dicendo che l'esperienza ovvia e grossolana contrasta con la scienza troppo poggiata sulle teorie di gabinetto. Moltissimi geologi e fisici, giudicando appunto sulla somma dei fatti hanno stimato che la depressione barometrica favorisca le manifestazioni d'ordine vulcanico. Altri, ultimo fra i quali il Mallet [1], sonosi opposti a questa idea, poggiando il loro contrario parere non solo a molti fatti, che sembrano discordi dall'esperienza invocata dai primi, ma sopratutto a calcoli analitici circa la potenza e reciproca proporzione fra le due forze in contrasto, dell'impulsiva endogena cioè e della premente atmosferica. Sarebbe inutile contro questa scuola l'insistere sull'esperienza concludentissima, che fa dello Stromboli il barometro naturale della contrada, e delle solfatare, mofete diverse e sopratutto dei soffioni boraciferi di Toscana al-

[1] V. *Bull. del Vulcanismo italiano*. Anno III, pag. 53.

trettanti avvisi dell' avvicinarsi le mutazioni del tempo. I primi risultati degli iniziati studii già presentano fatti assai gravi e che mostrano per lo meno la via da tenere per risolvere il problema. Già lo Stoppani nel suo corso di geologia avea formolato il vero concetto della influenza barometrica sui terremoti; dichiarando che il diminuire la pressione atmosferica non è causa del terremoto o dell'eruzione, ma condizione favorevole al manifestarsi di taluno di questi fenomeni già d'altronde preparato. Il medesimo concetto ho io sempre corroborato colle mie osservazioni. Ma volendo additare ciò che su questo punto hanno finora fornito i recentissimi studii, che esaminiamo, trovo parecchie osservazioni e fatti, che confermano perfettamente l' indicato concetto. Io posseggo già da molti anni il frutto della corrispondenza organizzata per compilare la statistica dei terremoti d'Italia. I quadri grafici esprimono graficamente per ciascun giorno il numero, la intensità, l'estensione geografica delle scosse in relazione con la curva barometrica di Roma, scelta come luogo centrale della penisola. Basta uno sguardo sopra queste tavole per vedere come ciascuna depressione barometrica sia accompagnata da un aumento nei terremoti, e come i massimi sismici coincidano esattamente colle diminuzioni della pressione. Ma in pari tempo non mancano i massimi sismici, e talora anche assai grandi, che si presentano durante le alte pressioni, quasi ad attestare la loro provenienza da forza endogena indipendente dalla azione meteorica esterna.

Questo dato che risulta dai veri terremoti è esattamente ed identicamente ripetuto dall'esame dei terremoti microscopici, che essendo un nuovo trovato della moderna sismologia, verrà poscia discusso in questo lavoro. Ma con-

siderando quivi ora questi terremoti microscopici come semplici periodi di tempo, nei quali i sismometri trovansi in preda ad agitazione e convulsione, troviamo, come si è detto, che tali agitazioni avvengono in coincidenza più o meno esatta colle depressioni barometriche, mostrandosene però spessissimo del tutto indipendenti.

Un altro fatto parlante nel medesimo senso è il frequente avvenire i terremoti più sensibili all'occasione dei rapidi salti della pressione atmosferica sia nell'ascendere, sia nel discendere. Ed in questo stesso ordine di fatti è vieppiù eloquente poi ciò che già più volte si è avverato in Italia, del correre cioè che fa il terremoto dietro il centro della depressione nelle burrasche atmosferiche. Più volte io ho constatato il fatto di periodi sismici localizzati da più o meno tempo, che col loro massimo sfuggono dalla sede prescelta per isfogarsi dove in quel dì di massima forza impulsiva endogena la minima pressione barometrica permetteva lo sfogo più facile e pronto, perchè meno impedito dal peso dell'aria.

Finalmente nei quadri sinottici da me pubblicati nel bullettino ho intrapreso il confronto giornaliero della massima, media e minima pressione barometrica in Italia, colla pressione sperimentata nel luogo ove avvenne il principale fra i terremoti di quel giorno. Da questo confronto risultò che il terremoto non avviene quasi mai in un luogo che sperimenta la pressione massima; ma d'ordinario in luogo, che si trova fra la media e la minima, od al più poco sopra alla media. Non mi sembra che il seguito degli studii possa presentarci fatti più chiari di questi per la verifica della influenza barometrica sui terremoti. I quali però rimane sempre vieppiù chiarito che non hanno nella pressione la

causa del manifestarsi, ma soltanto la condizione loro favorevole; e quindi è chiaro che ubbidiscono ad altre leggi e dipendono da altre cause tuttora ignote. E qui non occorrono altre parole per dimostrare come ciò concordi con quanto abbiamo notato a proposito dei fenomeni eruttivi e segnatamente colla esperienza del Medichini. Ecco dunque che il terremoto, mentre accompagna quasi sempre i fenomeni eruttivi, insieme ad essi subisce l'influenza della pressione atmosferica, e come quelli pure manifesta apertamente di non avere in essa la causa e l'origine. Molti autori infatti considerano non senza ragione il terremoto come un conato d'eruzione rimasto infruttuoso. In questa guisa esso si confonde coi fenomeni eruttivi o ne tiene le veci siccome sempre l'accompagna. Quindi poi vediamo spesso nei semplici terremoti alterarsi l'attività dei centri di manifestazioni vulcaniche secondarie dette pseudovulcanismo. Vediamo pure non di rado che ciò non avviene. Dunque nel caso attivo e nel passivo abbiamo dati di relazioni da studiarsi fra i terremoti ed i fenomeni eruttivi; ed in questi come in quelli la forma e le fasi eminentemente meteorologiche.

Ma i fenomeni, che diciamo di ordine eruttivo, non solamente variano di forma e di intensità; essi eziandio compariscono inaspettatamente dove non hanno sede fissa; e scompariscono momentaneamente o per sempre dove solevano manifestarsi abitualmente. Anche in ciò i fenomeni eruttivi si assomigliano ai terremoti; perchè investono talora regioni, che a memoria d'uomo non ne aveano provato i tristi effetti.

Le comparse e le invasioni del gas acido carbonico non sono un privilegio soltanto dei terreni vulcanici, dove pure,

come sopra ho detto, il loro variare è assai maggiore e più frequente di quanto si crede. Il gas infiammabile giuoca terribilmente nelle miniere del carbon fossile, e l'acido carbonico si presenta inaspettato alla superficie del suolo o presso la medesima in molti luoghi. Tutti sanno come il *grisou* delle miniere sia oggi quasi dimostrato, che tien dietro alle oscillazioni della pressione atmosferica; e ne è memorabile il caso avvenuto nel 1875, quando un grande numero di esplosioni avvenne nel giro di pochi giorni in più miniere sotto una forte depressione; mentre noi in Italia subivamo con quel fenomeno atmosferico un massimo di agitazione sismica del suolo [1]. Afferma il Nanoia, che lo spento vulcano del Vulture presso Melfi fa sentire rombi e romori all'avvicinarsi delle mutazioni di tempo [2]. È pure notissimo il fenomeno medesimo fra i contadini della valle Tiberina presso Todi nell'Umbria. Quivi, quantunque lungi da ogni vulcano fra i monti appennini, il rombo cupo e fortissimo sotterraneo accompagna le depressioni barometriche. Se ci prendessimo cura di raccogliere le osservazioni analoghe che trovansi sparse negli antichi libri di cose naturali, troveremmo mille esempi di fenomeni simili ai descritti nelle acque sorgenti che intorbidano, in altre che sono intermittenti e collegate in queste variazioni colla pressione atmosferica. In questo punto dovrei ripetere i belli fatti osservati dal Morandi nei crateri di Montecatini, che sopra ho riferito. In quei fenomeni è cosa evidente che le acque termo-minerali di Montecatini subiscono talora vere eruzioni endogene nella loro massa, e ne conducono i pro-

[1] V. *Bullettino del vulcanismo italiano*. Ann. II, pag. 120
[2] V. *Ann. della società meteorologica italiana*. Vol. I, pag. 269.

dotti alla superficie in forma di torbida, di bolle gassose e di elevata temperatura. In generale tutti i fatti sopra riferiti a proposito delle variazioni di temperatura e di mineralizzazione delle acque appartengono anche all'ordine dei fenomeni eruttivi, che qui esaminiamo.

Il petrolio talvolta galleggia in bolle sulla superficie delle acque; la comparsa di tali bolle di petrolio sul Tevere fu indicata in Roma stessa dal Brocchi [1]. Tutti cotesti fatti additano evidentemente che avvengono talora dai crepacci del suolo, fuori anche dei vulcani, vere eruzioni, che diremo microscopiche; ma delle quali se si studiasse e si conoscesse l'andamento, si avrebbe un dato prezioso per la meteorologia endogena. Che dai crepacci del suolo, dove non esistono mofete fisse, avvengano eruzioni gassose, non può dubitarsene. Basta ricordarsi quanto facilmente, massime in alcuni laghi, si constati la morte o la fuga dei pesci alla superficie per emanazioni improvvise di acido carbonico. Non sono molti anni che ciò avvenne nel letto del Tevere presso Roma; di modo che fu raccolto il pesce in vere masse narcotizzato alle sponde [2]. Quante eruzioni gassose non avvengono congiuntamente ai terremoti o durante un periodo sismico? Nel 1873 passò inosservato ciò che avvenne sui monti della Valle Comina presso Sora durante il periodo sismico, che afflisse quella contrada nel luglio e nell'agosto. Fu il signor Ernesto Tronconi che mi fece conoscere, come ivi in una notte di luglio videsi una di quelle valli delle più profonde rischiarata da grande luce violacea simile a quella dello zolfo; e nel tempo stesso

[1] Brocchi. *Stato fisico del suolo romano*, pag. 167.
[2] Agosto 1868.

udiansi ivi forti sibili paragonabili a quelli della locomotiva. Ciò avveniva in un suolo tutto screpolato dalle avvenute scosse di terremoto.

Durante i terremoti sono pure notissime le comparse di odore di solfo e di catrame; e siffatti odori in alcuni luoghi ho ben io constatato, che compariscono senza sensibile terremoto. Tali odori per me sono certissimi indizi di eruzioni gassose invisibili ed inavvertite.

Nel mio bullettino, come sopra ho detto, ho raccolto negli anni decorsi parecchi fatti dimostranti la frequenza di questi microscopici ed inavvertiti fenomeni eruttivi. Fra cotesti mi sembra meritevole d'esser ricordato l'avvenuto a Follonica nel 6 aprile 1874; il quale quantunque non si possa dire del tutto dimostrato come eruttivo, ne è però somma la probabilità, è perciò ben degno di questo luogo. Sul far del giorno del 6 aprile si videro morti per le strade una quantità di piccoli topi in più punti del villaggio ed in campagna alla distanza di alcuni chilometri. Si trattò di centinaia, da dare l'apparenza di una vera pioggia di topi. Nessuno comprese come ciò fosse avvenuto e per quali cagioni. Nella notte di domenica 5 veniente il lunedì vi fu nell'atmosfera molta elettricità con forti detonazioni, per cui credettesi attribuire il fenomeno accennato alla elettricità, ma la spiegazione non persuase. Non potè neppure attribuirsi ad un avvelenamento, attesa la estensione e le varie distanze della strage topina. Neppure potè credersi una epidemia; perchè sarebbe avvenuta la morte in una successione di giorni.

Letta la notizia ora riferita, mi procurai dirette informazioni, rivolgendomi alla cortesia dei signori ingegneri Vivarelli e Corsi, direttori dei R. stabilimenti a ferro. Costoro

mi vollero gentilmente sul luogo del fenomeno, dove potei anche fruire delle osservazioni fatte in proposito dal chiarissimo dottor Giuseppe Bennardini medico-chirurgo nei R. stabilimenti a ferro e dal dottor Lepri di Massa.

Furono i soli topi che si rinvennero morti; e fra questi soltanto la specie dei piccoli topi comuni (*mus sylvaticus*). I loro cadaveri non mostrarono traccia veruna di avvelenamento, nè altra alterazione morbosa; nè inoltre è vero, ciò che taluno disse, essere stati trovati affetti da morboso rigonfiamento. Essi erano morti coll'apparenza di piena sanità. Furono rinvenuti a gruppi come di famiglie o piccole tribù in luoghi assai distanti l'uno dall'altro; ed alcuni gruppi in prossimità di fogne, donde pareva fossero fuggiti. Sembrando dai dati di dover escludere la causa epidemica o comunque morbosa per questa mortalità, l'evidente fuga degli animali da sotterra fa subito pensare ad una potente emanazione di gas mefitico e forse di acido carbonico, che li abbia investiti sotterra, donde fuggendo non si sieno salvati col venire alla superficie del suolo, perchè forse anche qui furono raggiunti dallo strato della mofeta. Ma ad ammettere tale spiegazione della mortalità dei topi in Follonica veggo una difficoltà. Se l'aria mefitica uccideva gli animali dell'altezza del topo, perchè questi soli si trovarono uccisi e non gli altri più piccoli? Se pure volessimo supporre nei rettili una maggiore capacità di resistere all'asfissia, come potremo credere noi che i topi sieno i più delicati e soli incapaci di tollerare l'aria mefitica? Intorno a ciò devesi osservare come in quella stagione tutti i rettili, che abitano sotterra, stanno in istato letargico. Non così i topi, i quali mantengono sempre aperta la loro tana e in comunicazione col suolo esterno. Per conseguenza tutti i

rettili, come i serpenti, le lucertole, ecc. stando in letargo, o possono non aver subito l'effetto letale del gas acido carbonico, ovvero esser morti senza neppure riscuotersi.

Che se poi altri piccoli animali sotterranei sono sempre in stato attivo, niuno certo ve ne ha di tanto celere corso come il topo. Perciò credo che in ogni caso il solo topo poteva fare in tempo ad uscire della tana e fuggire all'aperto nello stesso momento che si sentiva asfissiare. In fatti furono essi trovati morti in lunghe file indicanti l'atto del fuggire e la successiva loro caduta.

Del rimanente è manifesta l'analogia di questo fatto con le morti frequenti che avvengono degli animali in prossimità delle sorgenti sulfuree, dove ordinariamente non comparisce acido carbonico asfissiante; e pur talora esso mostrandosi sulla superficie, uccide moltissimi incauti animali. Ciò vedemmo presso Roma stessa alla solfatara della via Ardentina durante il periodo sismico della estate del 1877, e presso Viterbo in coincidenza col terremoto del 23 dicembre dello stesso anno.

La comparsa finalmente di una mofeta nella regione di Follonica non sarebbe punto fuori di luogo propizio a ciò, come potrebbe parere a prima vista. Imperocchè a questa regione precisamente fanno capo alcune delle valli (che il più delle volte sono fratture del suolo), le quali in alto fra i monti sono traforate dai veri vulcani sempre attivi, che sono i Lagoni e Soffioni boraciferi. Oltre a ciò il Corsi mi faceva notare, che i travertini anche di recente formazione di quella regione manifestano assai chiaramente la presenza dello zolfo nella composizione della roccia, lo che è chiaro indizio o di emanazioni sulfuree dal suolo, o della presenza di questo minerale nelle acque. Quindi quantun-

que una improvvisa manifestazione dei gas interni possa comparire dovunque per cause a noi tuttora ignote, molto più potrà avvenire questo fenomeno dove il suolo essendo screpolato possiede meati, che sono già percorsi dai gas endogeni. Nè sarebbe forse fuor di luogo il considerare non fortuita la coincidenza in giorni vicini fra di loro di tante verifiche di manifestazioni di gas acido carbonico, essendone avvenute in quel tempo due altre comparse in Sicilia e presso Roma [1]. Rende poi sommamente verisimile la cagione gassoso-tellurica della strage topina in Follonica il considerarne le relazioni di tempo coi fenomeni sismici delle vicine regioni. L'uccisione dei topi avvenne nella notte o nelle prime ore del mattino. Il Bertelli a Firenze appunto dalla prima osservazione mattutina fino alle 10 antimeridiane di quel giorno constatò una forte agitazione dei suoi istrumenti sismici. In Roma poi io dovetti in quel giorno medesimo registrare parecchie piccole scosse di terremoto. Avvennero terremoti anche a Cosenza; sicchè è evidente essere stato il 6 aprile 1874 uno dei momenti di massimo sismico italiano della stagione.

Ma a tutto ciò che si riferisce al fatto di Follonica non voglio dare altra importanza che quella, di cui è meritevole una congettura sopra fatti finora poco conosciuti. Cotesti fatti però non dovendo esser nuovi, meritano di esser ricordati, acciò gli studiosi e gli osservatori tutti siano eccitati a raccoglierli. Infatti se volgiamo per un solo momento il nostro sguardo sui dati relativi alle manifestazioni del gas acido carbonico alla superficie del suolo, non potremo non riconoscere nel complesso di quelli un fenomeno

[1] *Bullettino del vulcanismo italiano.* Ann I, pag. 84.

endometeorologico di primo ordine. Laonde malgrado la brevità che mi sono imposto non posso lasciare senza qualche esame speciale questo fattore che credo dover annoverare fra i principali della nostra endometeorologia.

Ricordiamoci in primo luogo ciò che abbiamo riferito nel principio di questa opera, l' importanza cioè attribuita dallo Stoppani alle manifestazioni endogene dell'acido carbonico. Egli dimostra che esse costituiscono da sè sole un fenomeno tellurico importantissimo per là sua universalità ed indole eminentemente endogena. In fatti, oltre il suo vasto comparire nei vulcani e negli pseudovulcani, tutti sanno quanto sia facile incontrarlo sotterra e sopra terra, od in prossimità e congiunzione colle acque minerali o nei terreni di formazione vulcanica. Riunendo poi il complesso dei fatti esposti in questo e nei precedenti capitoli, non possiamo dubitare che dall' interno della terra saliscano i gas in proporzioni variabili secondo i luoghi e secondo i tempi, di maniera che può dirsi la terra esser capace di dirigere dal suo interno verso l' esterno frequenti eruzioni gassose indipendenti dalle eruzioni dei crateri vulcanici propriamente detti. Se ciò è vero, come i fatti sembrano additare, l'acido carbonico sarà uno dei più frequenti a comparire in questa forma di microscopiche ed insensibili eruzioni. Le quali eruzioni poi dovranno naturalmente trovarsi in stretti vincoli con l'attività interna del pianeta, anzi ne saranno la conseguenza e l'effetto immediato. Quindi, volendo verificare ciò in particolare sull'acido carbonico, che supponiamo essere il più frequente e principale nel manifestarsi, dovremo esaminare la verità delle sue comparse tanto in concomitanza con i fenomeni endogeni massime sismici, quanto isolatamente in apparente o reale indipendenza da questi ultimi.

L'importanza dell'acido carbonico congiunto ai fenomeni endogeni, la vediamo grandissima tanto fissa nei luoghi che sono centri d'azioni vulcaniche, quanto transitoria in qualunque contrada durante l'esistenza di un periodo sismico. Nei vulcani quell'acido non sta soltanto fra i gas eruttivi, ma lo scorgiamo eziandio agire nella fertilità del suolo e nella rigogliosa vegetazione. La feracità dei terreni vesuviani ne porge un esempio assai ovvio. In Pensilvania, presso alcuni pozzi dai quali emanano continuamente gas endogeni, la vegetazione è tropicale ed i prati riccamente erbosi perfino nel pieno dell'inverno; mentre nel contorno il suolo è coperto di neve e di ghiaccio [1]. Questa proprietà generale dei luoghi soggetti alle emanazioni dell'acido carbonico, suole anche temporariamente manifestarsi nei terreni agitati dal terremoto. In Albano nel 1829, mentre la terra continuamente tremava con grande spavento degli abitanti, la vegetazione prosperava in una forma veramente fenomenale [2]. La medesima osservazione ci viene riferita dal Sarti e da altri vecchi scrittori quali Stisheley, Nuneberg e Kant, i quali tutti testificano la vegetazione aver preso svolgimento straordinario sotto l'azione del terremoto. E che tal fenomeno in Albano fosse congiunto colle parimenti straordinarie emanazioni di acido carbonico, apparisce apertamente nella diligente descrizione dei fatti di quel tempo tracciata dal Bassanelli. Questi ci narra che appunto l'acido carbonico si manifestava in tanta quantità e variabilmente secondo i giorni di quel periodo, che giunse talvolta a spegnere i lumi nelle case, a produrre disturbi

[1] *Science pour tous,* 18 mars 1876.

[2] Bassanelli, l. c., pag. 61.

nella respirazione degli uomini, a promuovere senso di caldo nelle membra e perfino talvolta eccitare un'involontaria lacrimazione agli occhi. Le grotte poi della città di Albano furono, parte stabilmente, parte momentaneamente, invase dall'acido carbonico; sicchè frequentissime ne conseguivano le morti degli animali. Senza ricercare altri esempi di ciò, sia manifesti nelle narrazioni dei terremoti, sia dissimulati ma facili ad esser riconosciuti, sembrami evidente che la presenza d'un periodo sismico generalmente favorisca e renda sensibilissime le eruzioni dirette dal suolo dell'acido carbonico.

Molti dati poi dimostrano che l'acido carbonico in forma eruttiva comparisce e varia senza apparente immediata relazione con altri fenomeni endogeni massime sismici. Il caso sopra riferito di Follonica, quantunque avvenuto in giorno di commozioni sismiche, non coincise con queste nel luogo dell'eruzione gassosa. Che se pure vogliamo non fare assegnamento sul fatto di Follonica perchè non dimostrato ad evidenza essere stato d'indole eruttiva, non ne mancano moltissimi altri intorno ai quali non cade dubbio veruno. Ho citato sopra, senza però riferirlo, il fatto avvenuto a me stesso in una frattura del suolo presso Tivoli, dove trovai una mattina d'aprile due metri di acido carbonico, i quali poi alla sera eransi ridotti a soli cinquanta centimetri. In Rieti, durante il periodo sismico di Aquila del 1868, ma senza coincidenza di scossa, un uomo solito a coricarsi per attingere l'acqua sulfurea d'un pozzuolo, vi rimase cadavere perchè erasi ivi innalzato lo strato asfissiante [1]. In alcune grotte dei monti laziali l'acido carbo-

[1] Cappa Francesco. *Sul terremoto d'Aquila del 1703*, p. 7, nota 4.

nico varia mai sempre di altezza; di modo che nell' entrarvi si usa la precauzione di esplorarlo prima con un lume. Io medesimo ho verificato nelle catacombe romane esser variabile ma sempre alquanto eccessiva la mescolanza dell'acido carbonico nell'aria specialmente delle parti più profonde [1]. Il De Luca, facendo ricerche intorno all' acido carbonico contenuto in un pozzo di Pompei, ne osservò l'accrescimento di livello periodicamente sulle ore del mezzogiorno [2]. Quantunque questo ultimo fatto possa essere influenzato anche dalla temperatura, l' insieme dei molti dati dimostra che l'acido carbonico emana dalla terra in vastissima scala variando moltissimo in dipendenza di leggi tuttora incognite, ma evidentemente influenzate dalla pressione barometrica e dalla attività interna tellurica.

Che se poniamo a riscontro di tutto ciò le ricerche fatte dai fisici e dai geologi sulla origine dell' acido carbonico dell' atmosfera, troveremo queste nostre osservazioni non solo favorire l' opinione che ne stabilisce la scaturigine dall' interno del pianeta, ma esserne eziandio essa stessa favorita. Le eccessive proporzioni dell'acido carbonico perduto dall' atmosfera e fissato dai vegetali e dalle rocce calcari da una parte, e dall'altra l' impossibilità di ammettere un'atmosfera antica dotata d'un eccesso di questo gas per provvedere alle future combinazioni, hanno, mi sembra, ottimamente guidato la speculazione scientifica a determinare che l' acido carbonico dell' atmosfera viene ad essa gradatamente fornito da una forza che lo rinnova. Tale

[1] *Roma sotterranea cristiana*, vol. III. *Analisi geologica ed architettonica*, pag. 710.

[2] De Luca. *Recherches analytiques sur l'eau découverte dans un puits de Pompei*. V. *Comptes rendus*, etc. T. LIX, p. 467.

forza, quantunque si riconosca nel giro della vita organica, è però evidentemente insufficiente; e perciò la scienza, armata anche di parecchi dati sull' interna costituzione mineralogica del globo, crede assai verisimile la provenienza endogena dell'acido carbonico dell'atmosfera [1].

Non occorre dimostrare quanto questo concetto si trovi conforme alla importanza da noi ora stabilita delle emanazioni in forma di variabili eruzioni dell'acido carbonico dalla terra. In questo caso ognuno vede che la funzione provvidenziale nell'economia del globo affidata alle eruzioni vulcaniche ed ai terremoti, massime microsismici, sarebbe il rifornire l' atmosfera dell' acido carbonico da essa perduto ed impiegato nelle formazioni delle rocce e dei vegetali.

Concludo alla fine su tutte le ancora disordinate notizie raccolte in questo capitolo, che mi sembra ne emerga ad evidenza essere i fenomeni eruttivi di gran lunga più numerosi ed importanti di quello che si credeva finora; non esser questi una specialità dei centri vulcanici, nè un fatto concomitante unicamente i forti e sensibili periodi sismici; essere invece una manifestazione universale e continua delle forze endogene, in relazione sempre attiva e passiva verso i fenomeni meteorici propriamente detti, e finalmente costituire perciò un elemento importantissimo per le nuove indagini della meteorologia sotterranea.

[1] Meunier. *Origine de l'Atmosphère*. — *Nature*, 7-14 déc. 1878.

CAPO X.

IL TERREMOTO E LE OSCILLAZIONI LENTE DEL SUOLO FANNO PARTE DELLE FASI GEOLOGICO-METEOROLOGICHE.

Dopo aver parlato dei fenomeni eruttivi, fra i quali abbiamo dovuto molto ragionare anche del terremoto per la intima sua connessione con quelli, dobbiamo al terremoto appunto rivolgerci, considerandolo isolatamente come il principale fenomeno dei quattro costituenti la materia del nostro esame. Ma a cagione dell'essere esso così molteplice nelle sue manifestazioni e negli aspetti vari meritevoli ciascuno d'analisi speciale, occorre a lui dedicare non meno di due intieri libri di questa opera. Siccome peraltro questo primo libro deve contenere un colpo d'occhio a tutta la materia della meteorologia endogena, onde ne risulti evidente l'opportunità di considerarla come un ramo speciale e nuovamente organizzato della fisica del globo, noi dedichiamo al terremoto quest'ultimo capitolo, nello scopo particolare di esaminare in esso gli aspetti certo non infecondi, sotto i quali i moderni studii italiani non lo presero finora sufficientemente di mira. Così vedrassi anche nel terremoto, che è il più studiato fra i fenomeni endogeni, il campo esser più vasto dello intrapreso a coltivare.

Il terremoto può studiarsi isolatamente in ciascuna sua manifestazione, ovvero cumulativamente nei gruppi e nei periodi che occupa nel tempo e nello spazio; ovvero finalmente negli effetti della sua insensibile presenza, ossia nelle lente oscillazioni del suolo. Sotto i due primi aspetti il terremoto è molto ora studiato; tanto che la forma geologico-meteorologica delle sue fasi resta già stabilità da quanto sopra abbiamo avuto occasione di considerare. Cotesta forma diverrà poi un'evidenza chiara quanto la luce del giorno, allorchè avremo svolto i risultati degli odierni studii nei due seguenti libri. Ma il terremoto considerato come fenomeno di lente oscillazioni sembra appartenere unicamente al dominio della geologia stratigrafica, la quale può appena apprezzarne gli effetti accumulati nella serie di più secoli. Io posso invece qui dimostrare, che anche le lente oscillazioni del suolo si manifestano in proporzioni apprezzabili dentro un tempo non indeterminato; e quantunque noi non vediamo giornalmente mutarsi la orografia terrestre, pure i fenomeni, che infine conducono la superficie a quelle mutazioni, percorrono fasi e variazioni speciali molto apprezzabili continuamente e quindi capaci di far parte della nostra meteorologia geologica.

Il lettore crederà che io voglia condurlo ad esaminare le facili e note variazioni orografiche che avvengono nei distretti vulcanici massime presso i crateri attivi, ossia per l'Italia il noto e trito oscillare storico del tempio di Serapide con l'intiera costa del golfo di Pozzuoli. Questo punto certamente aprirebbe un campo d'osservazioni abbastanza interessante per indagare lo stato particolare di attività d'un vulcano, che non eruttando nè producendo terremoti, sembrerebbe inattivo, mentre invece il suo oscillare lenta-

mente manifesta un particolar modo d'agire. Ma invece io posso mostrare che la terra oscilla in apparente indipendenza dai centri vulcanici, e che le sue lente oscillazioni si compiono in tempi apprezzabili e così divengono sensibili, quantunque poi non lascino un prodotto orografico percettibile a brevi periodi di tempo.

Già colla sola ragione partendo dal fatto notissimo ai geologi, che alcune coste marine indipendenti dai vulcani si affondano ed altre si sollevano, come la Groenlandia, la Scandinavia, la Svezia ed alcuni vasti fondi marini nel Pacifico, si può e si deve stabilire che in quei luoghi l'azione, quantunque lentissima, opera continuamente. Posto ciò sappiamo poi noi se quell'effetto che divenne sensibile in una lunga serie di anni si produsse con moto uniforme e senza ritrarsi indietro nel cammino intrapreso? Le osservazioni delicate e continue potrebbero forse svelarci, che quelle coste sollevate di soli dieci centimetri in un secolo percorsero più volte dentro quel tempo una grande parte di quell'altezza. Ovvero potè accadere che parecchi centimetri furono percorsi in una piccola parte di quel secolo; mentre il rimanente fu l'opera del periodo più lungo. Se dunque esistessero fatti, che potessero dimostrare vero questo concetto, sarebbe pure dimostrato, che le oscillazioni lente del suolo ubbidiscono a leggi naturali, i cui fenomeni sono più sensibili di quel che si crede; e spettando perciò alla nostra meteorologia endogena, meriterebbero speciali cure d'osservazione diretta.

L'esperienza delle osservazioni sismiche fatte in questi ultimi anni da me e dagli altri più assidui cultori della nuova sismologia, come il Bertelli, il Malvasia, il Galli ed il Fagioli, ci ha posto sott'occhio moltissimi fatti, che dimostrano

l'avvenire spesso cotali lente oscillazioni del suolo: delle quali forse non rimane traccia percettibile immediatamente nelle mutazioni orografiche, ma invece in qualche luogo visibile dopo tempo non lunghissimo.

Basta sorvegliare assiduamente un pendolo lungo non meno di 80 centimetri, munito di una punta immersa nella sabbia, per avvedersi che talvolta senza che sia stata da veruno avvertita una scossa, il pendolo ha percorso un raggio invece di un diametro, considerando il punto di quiete come il centro di tutte le circonferenze descrivibili dalle sue oscillazioni. A queste tracce appunto per generale consenso degli osservatori abbiamo dato il nome di tracce a raggio; ed in altra guisa non possono avvenire, che mediante un lento curvarsi del suolo seguito da un similmente lento ritorno al suo posto primitivo; lo che produce nel pendolo un temporaneo spostamento della sua verticale, senza cagionargli la menoma vibrazione oscillatoria. Questo fenomeno fu in particolare maniera studiato e verificato dal ch. sig. prof. D. Romeo Fagioli, direttore dell' osservatorio meteorologico di Narni, il quale vi scrisse anche una memoria, che gentilmente mi ha mostrata e che spero venga presto pubblicata per l' accertamento e la interpretazione sempre maggiore di questo fenomeno. Del resto che la traccia a raggio avvenga per spostamento della verticale, venne chiarito in via di fatto dalla osservazione più volte capitata al Bertelli, a me ed al conte Malvasia, guardando nei tromometri (che poscia descriveremo) col microscopio lo stato del pendolo. Avvenne dunque di veder l' ago senza punto oscillare spostarsi a destra od a sinistra dell' osservatore; ed oltre a ciò essendo in oscillazione altre volte lo vedemmo mutare temporariamente il centro dell' oscillazione, lo che

non può avvenire per altra causa, che per il mutarsi del centro di gravità del pendolo. Ciò avvenne in un modo straordinariamente grandioso in Bologna ai 15 agosto del 1875 e fu visto nel grande tromometro dal sig. conte Malvasia.

A questi chiarissimi fatti sperimentali poi si congiunge una specialità di forma, sotto la quale essi avvengono, che ne esclude ogni altra interpretazione per ammetterne soltanto la sismica. Abbiamo tutti più volte constatato, che durante taluni periodi di agitazioni sismografiche predomina questo fenomeno degli spostamenti della verticale. Nella stessa guisa i suddetti istrumenti alcune volte mostrano un periodo di agitazione predominante in forma sussultoria, altre volte in forma ondulatoria. Dunque quando predomina la traccia a raggio e lo spostamento visibile col microscopio durante un periodo sismico, l'analogia richiede che faccia parte dei fenomeni sismici: e dato ciò non si potrebbe trovare altra cagione, che la predetta lenta oscillazione del suolo. In fatti non è raro il caso d'avvertire nei veri sensibili terremoti il deprimersi od il sollevarsi della terra sotto i nostri piedi; e nulla osta perciò, che quanto avviene in forma rapidissima durante una scossa ed in forma lentissima durante le intiere epoche geologiche o dentro il corso più limitato di alcune centinaia di anni, non possa avvenire dentro tempi mediocremente e variatamente lunghi di anni, di mesi, di giorni o di ore.

Cotesta varietà appunto dei tempi, dentro i quali si compiono siffatte oscillazioni lente, io ho potuto sorprendere con ogni certezza. Imperocchè come mi avviene di trovare una traccia a raggio nel sismografo tranquillo, lo che indica essersi lo spostamento del pendolo compiuto tornando alla primitiva sua posizione centrale durante l' intervallo

fra due osservazioni, che potrà essere di parecchie ore; così talvolta dopo verificato ciò, trovo il pendolo aver di nuovo percorso una porzione della traccia già fatta, ed essersi andato a fermare in un punto medio di essa. Quando ciò avviene, seguendone l'andamento con spesse osservazioni, si trova che il giuoco di altalena lentissima dura con fasi variate più ore o più giorni; e non è rarissimo il caso di vedere anche mutarsi la direzione dello spostamento della verticale. Ciò osservai in modo straordinariamente bello ed evidente in Rocca di Papa nella estate del 1873, durante il contemporaneo e grande periodo sismico di Belluno e di Sora. Anzi durante quell'esperienza per un lungo tratto di tempo vidi anche una relazione fra cotesti spostamenti del pendolo e la pressione barometrica. Ma quanto a ciò l'importanza della ricerca e la mancanza di istrumenti *ad hoc* mi consigliano ad un giusto riserbo, perchè non voglio mescolare i fatti bene accertati, sui quali ragiono senza timore di errare, con dati che meritano ancora la prova di ulteriori ricerche.

Ho detto che basta un pendolo non inferiore nella lunghezza agli 80 centimetri per sorprendere visibilmente il fenomeno delle tracce a raggio; ma non ho detto di quali proporzioni sono le tracce che vi si trovano. Esse raggiungono rarissimamente i due millimetri di estensione; e d'ordinario sono inferiori al millimetro. Anzi il più delle volte si riducono al solo accumulamento di sabbia verso un punto del circolo descritto dai labbri della fossetta, nella quale è immersa la punta del pendolo. È però sempre un fatto accertabile ad occhio nudo. Io poi ho potuto anche ottenere la registrazione automatica di cotesti spostamenti quando essi sono invisibili; e nel riuscire in tale intento

ho contemporaneamente vieppiù confermata la verità del fenomeno di cui ragiono. Più tardi nel corso di quest' opera descriverò al debito luogo il mio Microsismografo e Protosismografo. Questi due istrumenti poco differiscono fra loro nel concetto meccanico, quantunque differiscono molto nella qualità delle osservazioni che mi forniscono. Essi constano di un pendolo centrale collegato mediante fili sottilissimi e lenti ai quattro punti corrispondenti alla rosa dei venti [1]. I quattro fili sono di seta cruda capillare e sorreggono quattro aghi metallici sospesi sopra un piccolo bagno di mercurio. Qualunque oscillazione orizzontale avvenga nel pendolo, non sarà disturbata dal tiro dei fili, che essendo ben lenti si distendono alquanto; cosicchè gli aghi pendenti dovranno da una parte allontanarsi dal mercurio, mentre dall'altra vi si immergono. Questi secondi chiudono un circuito elettrico; d'onde consegue la registrazione automatica sopra una carta svolta dall' orologio. Egli è chiaro, che l' immersione dell' ago avverrà interrottamente durante le oscillazioni e sarà invece permanente negli spostamenti della verticale del pendolo. Ma qui taluno dubiterà, che il variare lo stato igrometrico dell'aria e la temperatura potranno esser causa d'un minimo alterarsi le lunghezze dei fili di seta, e quindi l'immersione dell'ago permanente per un certo tempo sarebbe da attribuire ad una causa assai diversa dalla sismica. Una si facile obbiezione non potea sfuggirmi; e mediante l'assiduità dell'osservare ho potuto anche facilmente valutarne la niuna importanza. Se pure la temperatura o lo stato igrometrico

[1] La descrizione e la figura di questo istrumento trovasi nel secondo volume.

producono talvolta piccole variazioni nelle lunghezze dei fili, queste avvengono contemporaneamente in tutti, perchè tutti si trovano soggetti al medesimo agente. Infatti qualche rara volta nelle frequenti ispezioni che si fanno ai miei istrumenti, avviene di trovarli o tutti sollevati o tutti abbassati verso il mercurio. Ma allorchè è un solo che si immerge ed appena vedutolo nella nuova posizione gli si abbassa al disotto il livello del mercurio mediante la vite regolatrice a quest'ufficio ivi disposta, e dopo qualche tempo si trova nuovamente immerso, mentre il contrario avviene nel filo corrispondente all'opposto lato, non si può dubitare essere il pendolo progrediente nel mutare la sua verticale, la causa dell'immersione dell'ago. Conferma la ragione ora addotta di tal fenomeno il fatto spesso verificato dell' immergersi due aghi vicini, per esempio quello di N. e quello di E. Ciò avviene quando il pendolo si muove nella linea N.-E. Anche a questa immersione degli aghi N. ed E. corrisponde allora l' innalzamento degli altri contrari di S. e di O. Ed il tempo di durata dell'immersione degli aghi manifesta ancora con tutta evidenza essere il pendolo che lentamente si sposta nel suo *a piombo*. Poichè non è raro il caso di veder l'ago immergersi e restarvi ora qualche secondo, ora qualche minuto primo, ora qualche quarto d'ora, e poi distaccarsi da sè. Ed inoltre questi tempi diversi di immersione li veggo succedersi fra loro talvolta simili e tal altra vari; ossia veggo una serie più o meno ripetuta di immersioni durante qualche secondo e poscia fra queste mescolarsi talvolta qualche immersione lunga più minuti primi. E finalmente nel microsismografo e protosismografo avviene pure similmente a ciò che dissi sopra del pendolo immerso nella sabbia, il replicarsi cioè ed il perdurare il feno-

meno per più ore o più giorni durante i periodi sismici, nei quali predomini questa forma di agitazione sismografica.

Ma non è stato soltanto nei pendoli da me verificato cotesto fenomeno delle lente oscillazioni. Esso è assai più bello ed interessante a seguire in un buon livello a bolla d'aria munito di microscopio sul limite della bolla. Il livello deve essere solidamente fissato sopra un grosso muro. Osservandolo giornalmente ho trovato, che la bolla ha una escursione più o meno regolare diurna evidentemente procedente dalle variazioni di temperatura. Ma oltre a queste in alcuni giorni, che sono poi i giorni di agitazione per gli altri istrumenti sismici, vedesi la bolla d'aria spostarsi ora insensibilmente ora visibilmente con lento passo, e percorrere lunghezze diverse, ora tornando poco dopo verso il posto primitivo, ora senza ritornarvi per un tempo notabile. E questo fatto si è reso tanto più importante e sicuro dopo la recente applicazione da me fatta del microfono alle osservazioni sismiche. L'esperienza mi viene mostrando, che ogni spostamento della bolla è preceduto d'un istante da uno dei suoni già definiti per sismici nel predetto microfono. Ma di tutto ciò si parlerà distesamente, allorchè ragionerò del microfono e del livello come mezzo acconcio alle osservazioni sismiche.

Da tutto ciò debbo concludere l'esistenza d'un fatto d'altronde tanto consentaneo alla ragione, che quasi direi dovea prevedersi soltanto per mezzo di ciò che già conosciamo circa i movimenti della terra. Tutti sappiamo che il suolo essendo elastico e soggetto ai terremoti, nel vibrare sotto l'azione di questi, sposta il proprio livello istantaneamente. Sappiamo pure dalle osservazioni geologiche, che il suolo si solleva e si abbassa durante l'insensibile scorrere dei se-

coli. Nulla sembrami che debba ostare, acciò questo fenomeno si possa verificare dentro tempi varissimi di durata intermedia fra questi due estremi eccessivi. Ed ecco che le oscillazioni lente del suolo dovranno apparire verisimili, come appariranno al loro luogo verisimili i terremoti microscopici, i quali rappresentano l'infimo grado di scuotimento sotto la scala dei gradi di forza sensibili, dal forte all'appena avvertito. Alla fine poi le esperienze suddette trovano un riscontro in ciò che il Bertelli ed il d'Abbadie aveano già trovato fin dal 1872; anzi servono a confermare luminosamente i primi tentativi da essi fatti per scoprire i temporanei spostamenti della verticale dei pendoli, i quali non ad altro sembravano loro poter essere attribuiti che a lente oscillazioni del suolo.

Nè l'evidenza di questo cumulo di fatti sperimentali può esser disturbata dalle obbiezioni mosse dal ch. prof. Monte alle idee suddette del Bertelli. Imperocchè quantunque le cause di errore e le cause termiche addotte dal Monte a spiegare i medesimi fenomeni abbiano certamente un certo campo d'azione, questo non è tale, da non lasciare abbastanza accertabili i dati che rivelano il fenomeno sismico delle oscillazioni lente del suolo. E qui non posso tralasciare di ricordare gli ultimi esperimenti fatti dal Plantamour sul lago di Ginevra con livelli a bolla d'aria. La relazione di questi dati presentata nella decorsa estate all'Accademia delle scienze di Parigi, diè occasione al d'Abbadie di ritornare sull'argomento da lui già trattato e di corroborarlo con le osservazioni del Bouquet de la Grye nell'isola di Campbel [1]. Queste esperienze novelle e diverse

[1] *Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences*, t. LXXXVI, 21 juin 1878.

dalle nostre testè riferite conducono però agli identici risultati.

Accertata adunque la esistenza di questo fenomeno endometeorologico, viene la curiosità di indagare se tanto frequenti lente oscillazioni non sieno poi capaci di accumulare in tempi relativamente brevi tracce visibili delle mutazioni orografiche. E di qui nasce a mio credere spontaneo un altro postulato. I dislocamenti e sollevamenti dei monti, che rappresentano il massimo delle oscillazioni terrestri, non saranno forse tuttora incompleti e quindi tuttora in azione; di modo che i monti più che le coste marine sieno capaci di porci sotto gli occhi le attuali oscillazioni lente del suolo? Egli è certo che il terremoto alligna assai più sui monti, che nelle vaste pianure; è fra i monti infatti che troveremo poi i centri sismici dal Serpieri chiamati felicemente *radianti sismici.* Oltre a ciò considero che le molte varietà che si hanno nella misura delle somme altitudini dei monti fatte in tempi diversi, potrebbero forse essere giudicate meglio modificazioni avvenute nella orografia, di quello che errori di determinazione. Bisognerebbe adunque dedicarsi a studii e ricerche speciali su ciò; le quali quanto potrebbero essere fruttuose e giustificate, lo indicano abbastanza i due seguenti fatti, che allego testualmente, come mi sono stati forniti dagli osservatori.

Il ch. prof. Domenico Seghetti scrivevami da Subiaco la seguente relazione:

« Ella che ha arricchito il patrimonio della scienza geologica d'importantissimi studii sui fenomeni endogeni nel suolo d'Italia, non troverà dispregevole una osservazione che le viene segnalata dalla zona dei monti simbruini, e diretta appunto a fare apprezzare l'attività sismica di que-

sto centro montano, non il meno interessante tra le diramazioni appennine. »

« Tacendole per ora una moltiplicità di fenomeni relativi, mi limito a richiamare l'attenzione sopra un abbassamento parziale, che indubbiamente si è operato a carico della fiancata Sud del monte detto di S. Giovanni, che si estolle con maestosa figura a mezzo della selvosa ed angustissima valle d'origine del fiume Aniene. »

« La terra di Jenne è un pittoresco paesello posto in cima al cono terminale, alquanto spianato, di un'altura isolata di calcare eocenico, con elevazione di circa 760 metri sul livello del mare. Il colle su cui sorge il piccolo villaggio giace all'Est di Subiaco, da cui dista per otto chilometri d'incommodo sentiero, e confina con i monti trebani, dai quali scaturisce la sorgente più cospicua dell'Aniene. »

« A metà di strada tra Subiaco e Jenne si trova il monte di S. Giovanni, sulla cui punta biancheggiano certi avanzi di un antichissimo eremo dei Benedettini Cassinesi; e questa è l'altura, che piantata a ridosso dell'alta valle del fiume, per tanti secoli ha nascosto pressochè l'intera vista di Jenne a Subiaco, e viceversa, con il suo ripido versante volto a Sud ed inclinato un pochino a Sud-Est. »

« Fino a pochi lustri indietro, da alcuni punti dell'abitato di Subiaco situati a Nord-Est, ed elevati presso a 480 metri dal mare, si discopriva uno scarso lembo del fabbricato di Jenne dal lato più prossimo all'Aniene ed in direzione di Sud; e l'identica visuale si godeva da altri luoghi vicini alla città, ed in specie dal parapetto posto sull'ingresso del monumentale cenobio di S. Benedetto appellato del Sacro Speco. »

« Man mano peraltro il campo della prospettiva si è in-

grandito; ed il fenomeno è tanto bene passato a cognizione del volgo, che in maniera incontestabile lo si riferisce unanimemente, essendo il fatto accaduto sotto gli occhi di contemporanei: nientemeno che il rimarchevole edificio della chiesa parrocchiale di Jenne viene al presente ammirato tutto intero, mentre fino a quattro o cinque anni indietro non ne appariva neppur l'ombra. Il nominato tempio è posto al Nord degli altri fabbricati, che dapprima cadevano sotto i nostri punti di vista; e non ci si presenta già di facciata, ma dal suo lato occidentale, che misura un' estensione considerevole. »

« S'intende che i terrazzani di Jenne hanno osservato anche essi una linea di visuale più spaziosa verso la rispettiva area fabbricata di Subiaco. »

« Si attribuisce l'avvenimento all'essersi abbassata quella fiancata del colle di S. Giovanni, che guarda mezzogiorno; e certamente che il più fiero taglio che possa immaginarsi di quella superficie boschiva ed il massimo operare degli agenti degradatori e delle forze meteoriche, non potrebbero fornirci, neppure per una ventesima parte, la spiegazione di un fatto così imponente. Sembra proprio che voglia dileguarsi rapidamente la barriera montuosa, che impediva a Subiaco di spaziar la vista su Jenne. »

« Se non fosse un'inutile osservazione le accennerei che la veduta del Monte di S. Giovanni si apre da Subiaco attraverso una grande frattura operatasi nei moti di sollevamento di queste masse montuose, talchè il monte Taleo e l'altro della Carpinetta, che gli sta di contro, possono considerarsi come tutt'uno diviso in due metà a versanti tagliati a picco e che accolgono nel loro seno profondo e straordinariamente angusto, l'alveo del limpido Aniene. »

« È deplorevole la mancanza di dati barometrici numerosi ed esatti sopra questa diramazione appenninica che in vari punti manifesta una potente attività sismica: è anche a lamentarsi il difetto di ogni osservazione sopra i livelli e le variazioni delle frequenti e gelide polle sorgive, che qua e là scaturiscono dalla base di quel monte, ove l'avvallamento di suolo è stato verificato. »

Al fatto ora allegato corrisponde perfettamente ciò che indipendentemente da quello mi veniva annunziato dal chiarissimo professor Carina dai bagni di Lucca, nei termini seguenti:

« Il rev. D. Filippo Baccelli rettore della chiesa di S. Michele di Granaiola, castello posto sul culmine d'un poggio che guarda a levante il territorio dei bagni di Lucca, mi ha mostrato che da quell'altura quaranta o cinquanta anni fa non vedevasi nè la chiesa pievale di S. Maria Assunta di Cotrone, nè la chiesa parrocchiale di S. Pietro di Corsena. Alla prima faceva riparo il poggio di Maiola, alla seconda il poggio detto di Corsena. Ora vedesi chiaramente l'una e l'altra; ed ho potuto vederle io stesso tanto dalla terrazza della casa di quel rettore, quanto dal cimitero della parrocchia. Per assicurarmi della cosa ho domandato ai vecchi di S. Pietro di Corsena e della Pieve di Cotrone, se avessero notato di veder ora la chiesa di S. Michele di Granaiolo, mentre prima non si vedeva; e mi è stato risposto che tale osservazione era già stata fatta con meraviglia, accennando alla stessa data di 40 o 50 anni. Tali osservazioni furono da me fatte dopo essermi assicurato che non fossero avvenute remozioni di ostacoli, come alberature, manufatti od altro: anzi la cosa parve a tutti strana appunto perchè si era sicuri su questo particolare. »

Potrei addurre altre notizie non meno precise da me raccolte in altri punti dei nostri monti; ma stimo esser sufficienti le considerazioni ed i fatti esposti per dimostrare l'opportunità di un esame speciale di questo punto importantissimo di meteorologia geologica. Nell'Italia nostra specialmente, coordinati gli studii di livello nel continente e sul mare, nelle zone vulcaniche e nelle montuose, è indubitato che si raccoglierebbero dati assai fecondi. Basta considerare come il fatto tanto celebre delle oscillazioni lente del tempio di Serapide a Pozzuoli sia stato già verificato in moltissimi altri punti dei nostri lidi marini. Il Palmieri constatò un sollevamento che si va compiendo nel golfo di Napoli alle falde del Vesuvio [1]. Altrettanto constatò il Ponzi presso i vulcani laziali nella spiaggia di Porto d'Anzio. Gli studii del Moro e del Bianconi additano al medesimo fenomeno in grande scala su tutta la costa italiana del Mediterraneo. Altrettanto avviene nella costa adriatica. Il lago di Lesina presso il Gargano si è abbassato [2]; la spiaggia delle Marche si innalza continuamente; la riva di Pesaro sprofonda e quella di Ravenna si deprime. Si abbassa il litorale di Aquileia [3]; e recenti oscillazioni di suolo si verificarono in più punti della costa Triestina [4]. I fatti sopra esposti ci danno sufficiente ragione per credere che coteste verificate oscillazioni sono il risultato visibile dei piccoli fenomeni di altalena, ai quali sarebbe in preda l'intiera penisola. Io veggo inoltre che simili fatti ogni dì più si disco-

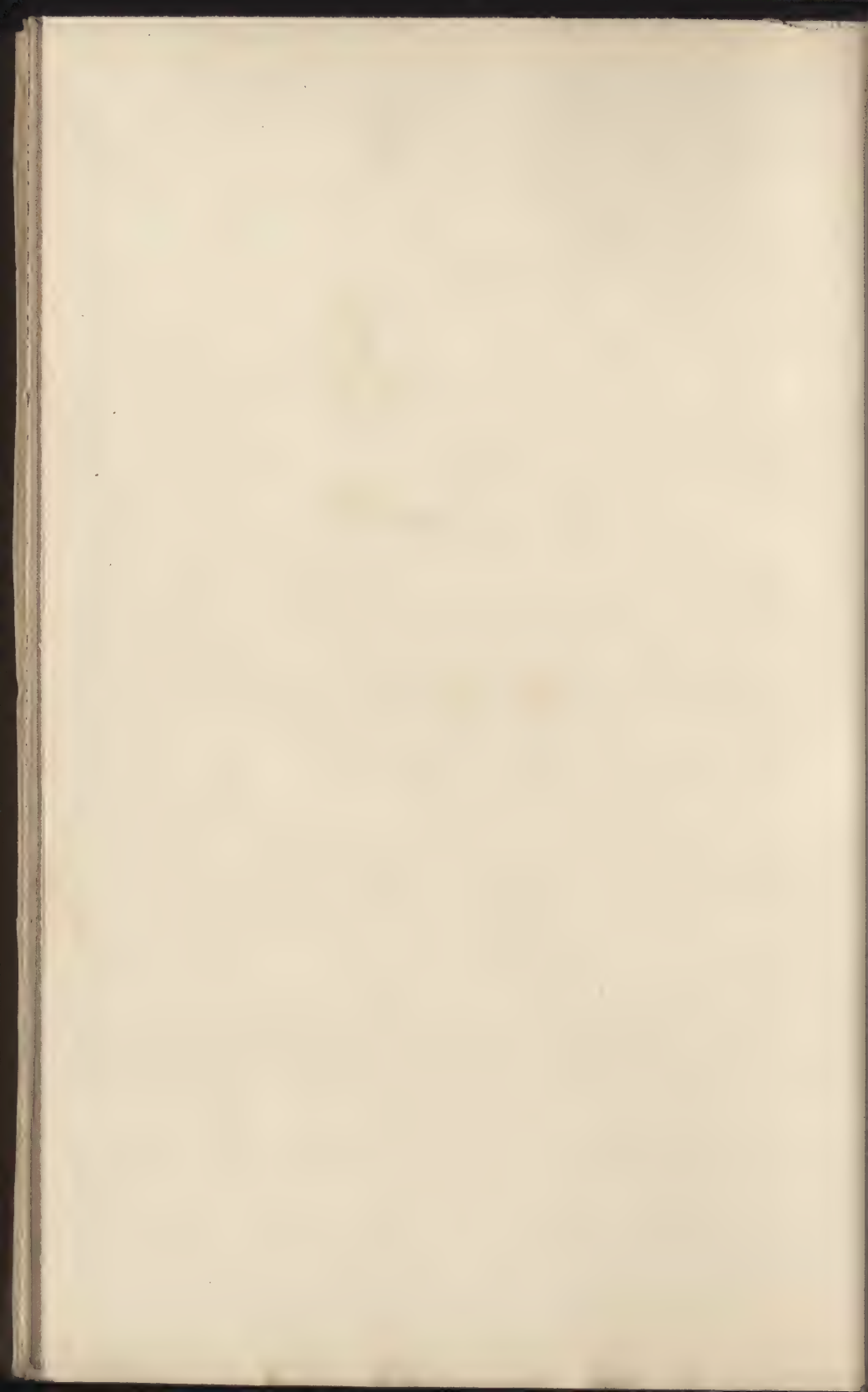
[1] V. *Les mondes.* Tom. XXX, pag. 664.

[2] V. ANGELUCCI. *Una visita ai laghi di Salpi e di Lesina nella Capitanata,* 1872, pag. 7.

[3] V. TARAMELLI. *Di alcuni oggetti neolitici del Friuli,* pag. 29.

[4] *Bull. del R. Comitato geologico italiano,* 1878, e GRABLOVITZ. *Teoria sismica delle maree,* pag. 26.

prono, dovunque si porge attenzione. Gli spostamenti della verticale osservati dal d'Abbadie nelle vicinanze dei Pirenei non saranno essi forse le piccole fasi di movimento che determinano la depressione oramai certa delle coste della Francia in sull'Atlantico? Anche nel Belgio ora si sospetta e si studia un fenomeno d'oscillazione sulle coste del mare nordico [1]. È dunque il fenomeno delle lente oscillazioni del suolo un fatto molto più universale di ciò che si crede, e lo studio di esso regolare ed organizzato sopra vasta scala sarà una probabile rivelazione d'una parte delle leggi meteorologico-geologiche del nostro pianeta.

[1] V. *Bull. de l'Académie dés sciences,* 2 sess. T. XLV, pag. 380, anno 1878.

LIBRO SECONDO

ESAME SPECIALE DEL TERREMOTO ISOLATAMENTE CONSIDERATO.

CAPO I.

STATO DELLA SISMOLOGIA ANTERIORE AGLI ODIERNI STUDII ITALIANI OD INDIPENDENTE DAI MEDESIMI.

Le cose dette nei precedenti capitoli intorno al terremoto e sulle sue relazioni con la pressione atmosferica, già mostrano che il terremoto è fra i fenomeni endogeni quello che comparendo più spesso e trovandosi legato a tutti gli altri fenomeni, è pure quello che maggiormente merita analisi speciale nello studio del dinamismo tellurico. Non è dunque da maravigliare che ad esso siansi volti i principali studii degli italiani, i quali vollero far progredire la cognizione della endodinamica. Già fin da quando sotto l' impressione del vasto concetto formulato dallo Stoppani, io mi diedi a ricercare tutte le manifestazioni di fenomeni modificatori della crosta terrestre, e preparava gli elementi per una *Geologia storica e contemporanea;* vidi che uno dei fenomeni più luminosi per l'Italia nostra era il terremoto sia grande e storicamente conosciuto, sia piccolo e dimenticato dalla storia e dalla scienza. Per i grandi terremoti la rac-

colta di notizie sparpagliate me ne poneva in mano l'analisi particolareggiata da paragonare coi fatti nostri contemporanei; per i piccoli poi, insensibilmente aggruppandosi nella loro distribuzione cronologica e topografica, ne risultava la storia spianata e facile dei periodi e la topografia dei centri sismici italiani. Lo svolgimento infine di queste ricerche statistiche mi condusse fino alla organizzazione della corrispondenza, di cui sopra ho parlato, per i fenomeni contemporanei.

Ho pur detto che in pari tempo il ch. P. Timoteo Bertelli in Firenze, ponevasi sulla via sperimentale per le ricerche sismiche. A lui dobbiamo la felice idea di ricercare col microscopio i minimi movimenti del pendolo e la dimostrazione della causa tellurica dei medesimi, che determinò provenire da minime vibrazioni del suolo, ragionevolmente appellandoli moti microsismici. Il campo cominciato ad esplorare dal Bertelli divenne in breve così vasto e molteplice, che oggi forma una sezione speciale della scienza sismologica. Laonde ci è indispensabile di dedicare un intiero libro, nel secondo volume di quest'opera, alla microsismologia. Ma prima di ciò occorre dedicarci all'esame degli altri odierni studii italiani sul terremoto. Il quale esame, nell'incipiente secondo libro, prenderà di mira gli studii fatti sul terremoto considerato isolatamente in ciascuna sua manifestazione, porgendoci anche così gli esempli del metodo da seguire per analizzarlo, afferrarne le forme e le leggi meccaniche, rinvenirne i ripari negli artificii dell'architettura. Riservo poscia al principio del secondo volume le altre indagini istituite sul complesso dei gruppi dei terremoti, ossia dei loro periodi e dei fenomeni loro concomitanti. In tutte queste rassegne, come ho già detto da

principio, procurerò di non mancare all'ordine logico, continuando a seguire l'ordine cronologico degli studii. Con tale dilettoso metodo, meglio mi riuscirà di far menzione dei lavori di tutti coloro che contribuirono all'edificio ormai fondato della meteorologia endogena. Cotesto ordine logico esige però che brevissimamente io faccia conoscere lo stato della sismologia innanzi al principio dei nostri studii italiani ed i risultati ottenuti fuori dell'Italia indipendentemente dal nostro nuovo metodo; e ciò solo in quanto possa esser necessario per completare circa la specialità del terremoto quello che nell'introduzione ho detto intorno alla materia generale della endodinamica. Per l'Italia nostra il lettore già sa che io considero la grande opera di Stoppani come quella che rappresenta il più perfetto complesso di studii geologici. Il concetto della endodinamica è nel lavoro di Stoppani che sorge novello e splendido; quindi la sismica, che è la principale sezione della endodinamica, quale ci viene dallo Stoppani, possiamo stimarla l'ultima formola della scienza anteriore ai nuovi studii da me proposti. Quali sono adunque i concetti esposti dallo Stoppani intorno al terremoto? Sembrami inutile qui il ripeterli avendoli estesamente riferiti e delineati nel primo capitolo di questa opera. Il concetto del terremoto nello Stoppani è immedesimato con quanto concerne l'intiero complesso della endodinamica. Solo l'averlo diviso in vulcanico, perimetrico e tellurico, ne stabilisce una classificazione la quale in sostanza ad altro non mira che a proporzionare la specie della manifestazione sismica alla mole, ossia alla vastità della causa che lo produce.

Dopo la pubblicazione del corso di geologia dello Stoppani e mentre già fiorivano fra noi in Italia i novelli studii, due

sole opere di molta importanza vedevano la luce fuori d'Italia trattanti a fondo la materia dei terremoti. L'una di esse ci veniva dal direttore dell'Osservatorio di Atene, prof. J. Schmidt, e l'altra si pubblicava in Francia dal prof. Fuchs. Della prima, che risguarda in generale i terremoti d'Oriente e data alle stampe nel 1875 [1], possiamo dire esser quasi il risultato d'un primo tentativo fatto dallo Schmidt di studii statistici organizzati in forma non dissimile dagli intrapresi da noi in Italia, ma ristretti unicamente al fenomeno sismico sensibile. Di quest'opera ho io pubblicato nel mio *Bullettino* un brevissimo resoconto scritto dal Favaro [2] e che quì riproduco onde esporre in questo debito luogo i risultati ottenuti in Oriente dallo Schmidt; risultati che poscia dovremo confrontare con i nostri nuovi dati sismici italiani.

« L'opera dello Schmidt è particolarmente intesa allo studio dei terremoti in Oriente. Molti celebri terremoti di questa contrada, favorevolissima agli studii di sismologia, non erano per verità sfuggiti a Perrey ed a Mallet nei loro Cataloghi ormai celebri; lo Schmidt tuttavia ebbe il merito di contribuire efficacemente a che una eletta schiera di osservatori prendesse ad occuparsi del fenomeno ogni qualvolta si presentava; gioverà poi aggiungere che nel difficile cómpito egli era stato preceduto da Barbiani, che osservò a Zante per quarant'anni ed i cui lavori furono già usufruiti dal Perrey, da V. Gonzenbach, che tenne nota dei terremoti di Smirne per ben trent'anni, da Mausell che

[1] Schmidt D. J. F. Julius. *Studien über Erdbeben*. Leipzig, 1875.

[2] Favaro Antonio. *Intorno ad alcuni studii del dott. Schmidt sui terremoti*. Firenze 1876.

si era in particolare occupato di quelli di Chalkis, e da Wild che avea studiato i terremoti di Kourbatzi in Eubea per il corso di venti anni. Con questi e simili aiuti potè lo Schmidt, nel corso di quindici anni, compilare un elenco di circa 3000 terremoti per una così piccola porzione di territorio, dei quali ben 2600 circa finora quasi sconosciuti e circa 180 da lui stesso osservati.

« Ma non è del ricco Catalogo dello Schmidt che qui vogliamo in particolare modo occuparci, quantunque esso occupi la maggior parte del volume, ma piuttosto dello studio che egli istituì sopra i materiali raccolti onde trarne conclusioni, le quali interessano l'indirizzo dato oggi alle ricerche sismologiche.

« Anzitutto dalla discussione dei terremoti avvenuti nello spazio di circa un secolo, dal 1776 al 1873, rimane confermata una legge dedotta dal Perrey, secondo la quale la frequenza dei terremoti sarebbe maggiore nel perigeo che nell'apogeo della luna. Un'altra legge dedotta parimenti dal Perrey intorno alla frequenza dei terremoti, rimarrebbe leggermente modificata, secondo lo Schmidt, nel senso seguente: *a*) Un massimo dei terremoti all'epoca della luna nuova; — *b*) Un altro massimo due giorni dopo il primo quarto; — *c*) Una diminuzione di frequenza all'epoca del plenilunio; — *d*) La minima frequenza nel giorno dell'ultimo quarto.

« Onde rintracciare in seguito se una qualche relazione esista fra la frequenza dei terremoti e la posizione della terra rispetto al sole, lo Schmidt studiò la frequenza relativa di tali fenomeni nei diversi mesi dell'anno, limitando le sue investigazioni ai terremoti avvenuti in Oriente dal 1200 al 1873, e trovò:

Massimo — 26 settembre e 17 gennaio.
Minimo — 3 dicembre e 13 giugno.

Enumerando poi, secondo il Catalogo di Schmidt, soltanto i giorni di terremoti dal 1774 al 1873, si trova:

Massimo — 1° marzo e 1° ottobre.
Minimo — 7 luglio e 15 dicembre.

E tenendo conto di tutti i terremoti dei quali è rimasta memoria in Oriente dai tempi più antichi fino al 1873, si trova:

Massimo, 3 gennaio — Minimo, 8 luglio.

Vale a dire la frequenza sismica è massima al perielio, minima all'afelio.

« Anche la relazione fra la frequenza dei terremoti e le diverse ore del giorno, venne studiata dallo Schmidt che la dedusse dalle singole scosse dei terremoti d'Oriente comprese nel suo Catalogo per il periodo 1774-1873. Una accurata analisi diede per risultato che la massima frequenza dei terremoti si verifica intorno alle due e mezzo antimeridiane, e la minima nelle meridiane, cioè verso il tocco.

« La questione relativa ad una probabile connessione fra la frequenza dei terremoti e le variazioni nella pressione atmosferica fu maestrevolmente studiata dallo Schmidt, il quale si giovò dei dati da lui stesso raccolti specialmente in Atene dal 1858 al 1873. Con moltissime precauzioni potè lo Schmidt conchiudere che i terremoti sono più rari colle alte pressioni, più frequenti colle basse.

« Facendo astrazione da qualsiasi ipotesi, lo Schmidt in-

terroga in seguito le osservazioni, delle quali disponeva, onde discoprire se un qualche nesso esista fra i terremoti ed i fenomeni elettrici. Anche in questa indagine è degna d'ammirazione la diligenza colla quale procedette l'illustre astronomo, giungendo a scoprire che il massimo assoluto di frequenza dei fenomeni elettrici avvenne in Oriente verso la metà di ottobre o qualche giorno più tardi; il minimo nella prima settimana di marzo. Confrontando questo risultato con quello precedentemente registrato per la frequenza dei terremoti, si trova che i massimi dei terremoti e delle burrasche temporalesche avvengono in epoche poco diverse, mentre manca qualsiasi coincidenza per i minimi.

« In fine lo Schmidt si è studiato di confrontare l'andamento periodico dei massimi e minimi delle macchie solari trovati da Wolf. Il confronto non dà a conoscere alcuna coincidenza, poichè la metà delle date non concorda; fatto però riflesso agli errori probabili d'ambe le parti, molte modificazioni dovrebbero introdursi; ma lo Schmidt non approfondisce tali ricerche, pago soltanto d'aver accennato alla possibilità di tali periodi. Deve però avvertirsi che alcuni dei noti terremoti coincidono coi massimi dei periodi di Wolf, altri come quelli di Siena (1746), Rodi (1863), vengono a cadere nei tempi dei minimi; ed i grandi terremoti ellenici del 1837, 1853, 1858, 1861, 1867 non cadono negli estremi della curva rappresentativa. »

Volgendoci ora all'opera del Fuchs [1], mi contento di solo citarla, riservandomi di parlarne allorchè gli argomenti che tratterò lo esigeranno. Imperocchè quest'opera, quantunque assai pregevole, ha una mira unicamente geo-

[1] K. Fuchs. *Les volcans et les tremblements de terre*. Paris 1876.

logico-descrittiva del vulcanismo. Non vi sono analisi analoghe a quelle dello Schmidt, e perciò vi mancano punti di vista che si colleghino col nostro concetto endometeorologico. Quanto ai terremoti il Fuchs ne esamina poco le forme, alquanto più estesamente la distribuzione geografica, la durata, la frequenza, pochissimo i fenomeni concomitanti; e riesce solo a stabilire esistere terremoti vulcanici e non vulcanici, i quali non sono secondo esso poi dovuti ad una causa unica, ma sono effetti simili procedenti da cause assai diverse fra loro.

Ma dopo esaminato lo stato della moderna scienza, prima di venire ai nostri ultimi studii, parmi necessario far menzione di un'opera pubblicata in Italia in questi ultimi anni, la quale, quantunque non riguardi gli odierni studii, pure ci guida mirabilmente a questi, riepilogando ciò che sembrerebbe forse disprezzabile, le idee cioè e le notizie degli antichi sui terremoti. Questo pregevole lavoro è del chiarissimo Favaro [1], ed io lo considero quasi come un programma de' nuovi studii da farsi, perchè riassumendo le antiche idee e le antiche esperienze dei filosofi, ci propone altrettanti capi di studio o dimenticati o immaturamente condannati, sui quali conviene che la moderna scienza stabilisca un nuovo esame. Così l' opera del Favaro mi porge il destro di chiudere questo capitolo dichiarando, che salvo le debite eccezioni io credo risiedere nell'antica scienza il tesoro preziosissimo delle tradizionali conclusioni della esperienza. Circa le quali poi vedremo se col nuovo metodo di studii vengano esse confermate, modificate, ovvero

[1] Favaro Antonio. *Intorno ai mezzi usati dagli antichi per attenuare le disastrose conseguenze dei terremoti.* Venezia, 1874 — e *Nuovi studii* sullo stesso argomento, 1875.

definitivamente confutate. Ma si vedrà come questo confronto ci insegni a rispettare molte credenze popolari e tradizionali, che sono il risultato dell'antica esperienza dei popoli primitivi. I quali, essendo soggetti all'attività sismica forse più violenta e spiegata, potevano afferrarne le leggi che erano allora manifeste; leggi che oggi noi appena potremo verificare e ritrovare soltanto coll'uso degli istrumenti ed in particolare col microscopio. La vera scienza adunque deve con molta modestia degnarsi di ricercare anche nelle credenze popolari i punti da prendere di mira nello studio, e giungere forse alla scoperta di importantissime leggi istituendo analisi e studiando sopra le più volgari opinioni degli analfabeti. Nulla mancherà così all'analisi nostra, nella quale faremo tesoro in breve di quanto l'ingegno umano seppe ricercare intorno al più oscuro e terribile dei fenomeni; fenomeno che, malgrado i mirabili progressi delle scienze fisiche, resiste ancora a mostrarci completo il codice delle sue leggi inesorabili.

CAPO II.

IL TERREMOTO STUDIATO NELLE FRATTURE DEI MONTI LAZIALI AI 19 GENNAIO 1873.

Il prescelto ordine cronologico mi obbliga ad incominciare la rassegna dei nostri studii sul vero e sensibile terremoto dal primo punto che ne fu da me analizzato nella categoria degli studii sul terremoto isolato. Dall' esame di questo punto surse la determinazione di una prima legge sismica, che si è poi trovata certissima tanto nell'esperienza successiva, quanto nell' analisi delle memorie del passato. Il detto punto è lo studio del modo di comportarsi il terremoto nelle fratture del suolo per vedere se lo stato di questo determini condizioni speciali meccaniche, che si risolvano in leggi sismiche proprie dell' apparato tellurico, contro il quale urta la causa della vibrazione. Fu occasione di questa indagine il gruppo di terremoti che avvenne nei monti laziali presso Roma ai 19 gennaio del 1873; e fu questa circostanza medesima che mi addentrò quasi contro mia voglia nello studio particolareggiato della sismologia, donde nacque poi quella società italiana di studii sismici, della quale vengo esponendo i coordinati lavori.

La natura dello studio che intendo di svolgere sopra una speciale regione, esige che premetta al medesimo le notizie

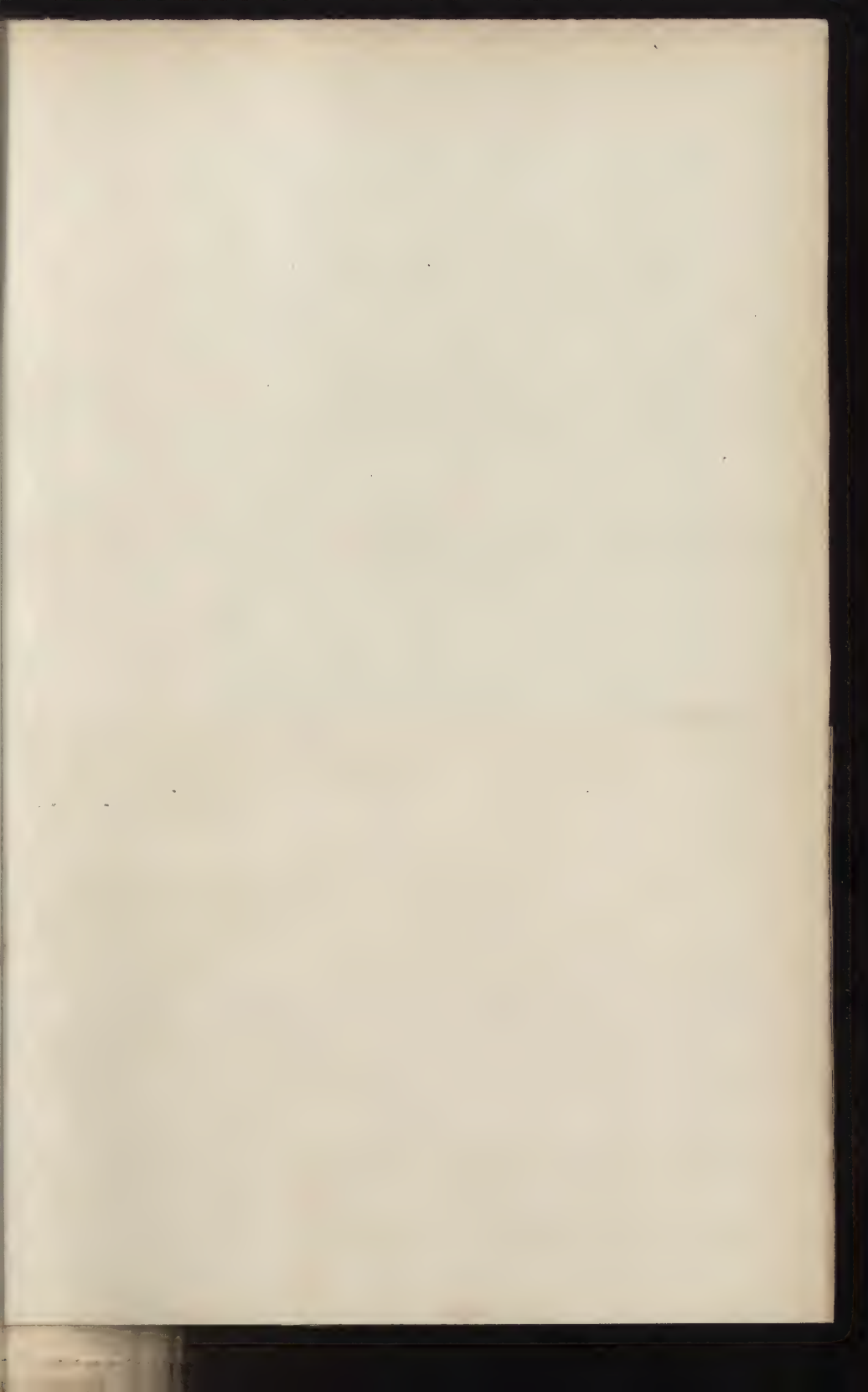
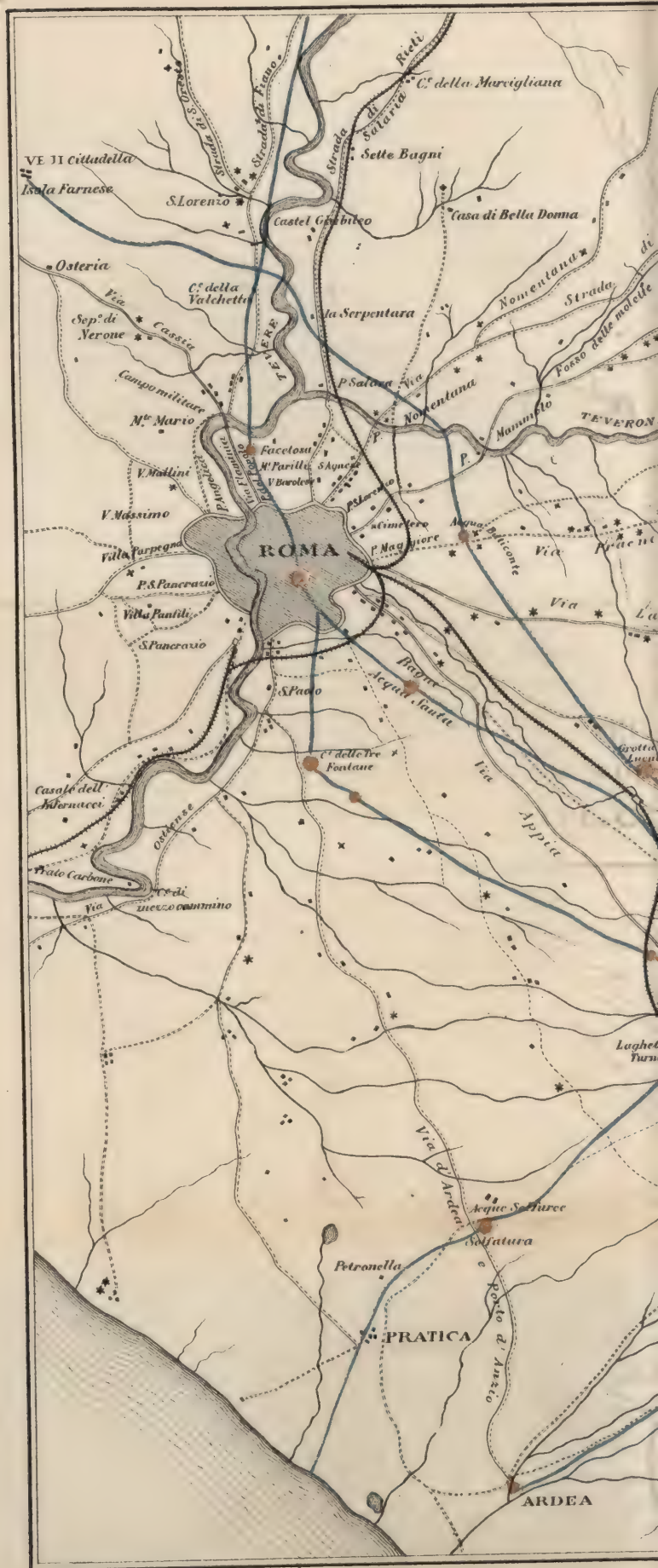
topografico-geologiche speciali in ordine massimamente al soggetto delle fratture, la cui rete niuno finora determinò e descrisse sui luoghi.

§ 1. *Delle fratture vulcaniche laziali.*

Sono appena cento anni dà che il Freret quasi timidamente sospettò esser vulcanica la natura dei monti albani. Dopo quel tempo gli studii del Breislak, del Brocchi e di altri confermarono quella verità scientifica, la quale ai giorni nostri prese forma vieppiù completa per le nuove ricerche del Ponzi. Questi giunse perfino alla esatta distinzione dei tre o quattro periodi eruttivi del sistema vulcanico laziale, e ad indicarne la massima parte dei crateri. Quantunque grande e maraviglioso cammino abbia così percorso la scienza geologica latina, non meno importanti ed ardui sono i problemi che le rimangono a sciogliere, per ciò che possa riferirsi tanto alla migliore cognizione della struttura geologica della contrada, quanto alle odierne deboli manifestazioni della attività dei fenomeni vulcanici. Ma a mio credere è mancata fin qui una ricerca fondamentale per tutte le quistioni e che deve servire di solida base per tutte. Questa è l'indagare e verificare l'andamento preciso delle fratture della crosta terrestre sia preesistenti al vulcanismo, sia prodotte da quest'ultimo. Debbonsi cioè esattamente riconoscere i canali d'onde un giorno scaturirono le materie endogene e formaronsi tanti crateri, i quali così ci appariranno distribuiti sopra una rete sotterranea di meati. Riconosceremo poi che per le medesime vie sotterranee oggidì si manifestano ancora i deboli avanzi della antica attività rimasti nelle solfatare, nelle mofete e nelle sorgenti

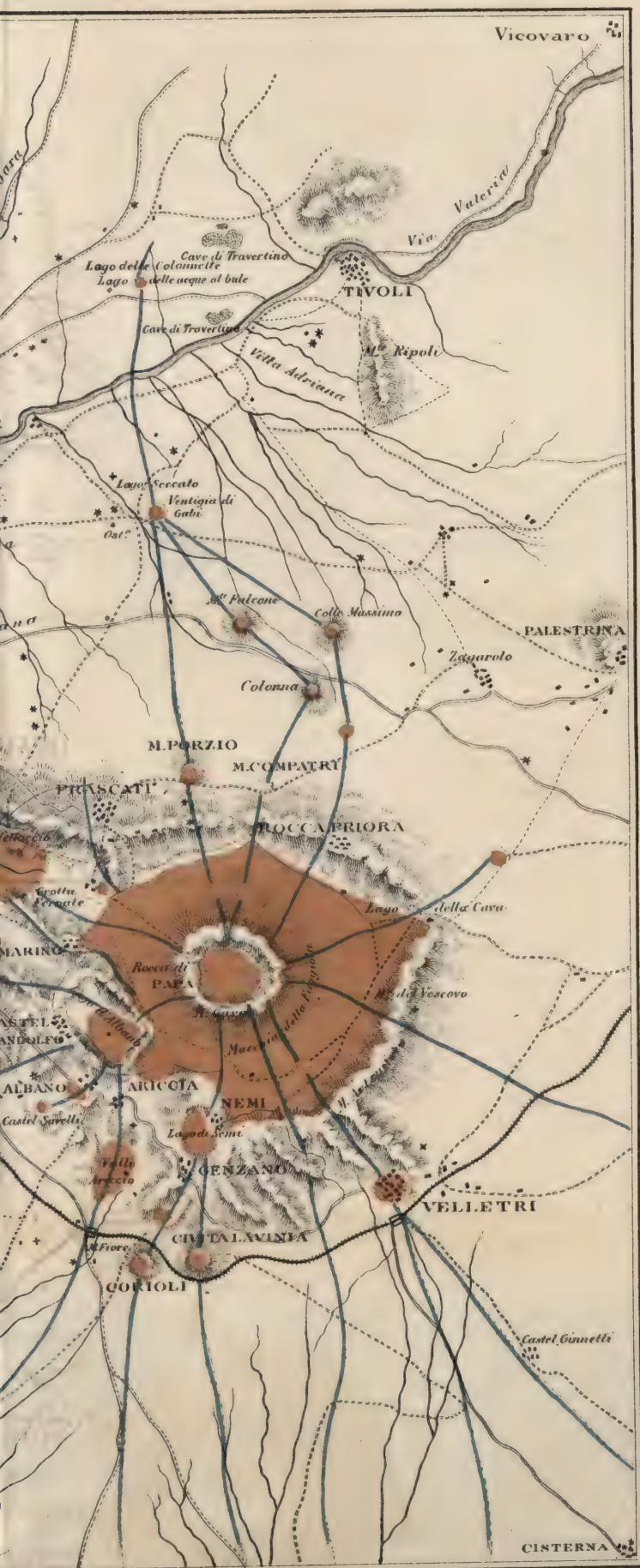
termali e minerali. In tale guisa il passato ed il presente si ravvicinano reciprocamente nella commune orditura dell'apparato vulcanico, e molte oscure memorie storico-fisiche e topografiche saranno rischiarate da questa nuova endografia. Ciò posto è chiaro il perchè io voglia premettere all'esame dei fenomeni, osservati nel periodo sismico laziale del gennaio 1873, la endografia dell'apparato vulcanico della contrada percossa dal terremoto.

È cosa già notissima, massime per gli studii del Ponzi, che lo spento sistema vulcanico laziale fa parte della zona mediterranea italiana di tal natura e che segue la grande frattura sinclinale parallela all' Appennino ed alle coste marine. Non solo questa generale frattura, ma eziandio qualche diramazione della medesima internata nei monti, studiò e fece conoscere il Ponzi in occasione di terremoti [1]. Cotesta grande fenditura si dirige specialmente presso Roma dal S.-E. al N.-O., come può vedersi anche nella topografia annessa a questo scritto, la quale comprende oltre i monti Albani e Tusculani le falde esterne del più prossimo cratere del sistema Cimino ed Etrusco, cioè la valle di Baccano contigua all' Isola Farnese ed a Vejo. Si osservi come a questa direzione appunto corrisponda e sia rivolta la slabratura di entrambi i crateri maggiori e centrali del lazio. I monti del Tuscolo con i conseguenti di Rocca Priora, del Monte del Vescovo, dell'Artemisio, di Nemi, del lago Albano e di Marino rappresentano il grande cono ellittico primitivo, ossia il *Somma* del Lazio, il cui sventramento è additato dalla grande spaccatura e depressione esistente fra Marino ed i colli di Frascati. Anche l'asse maggiore

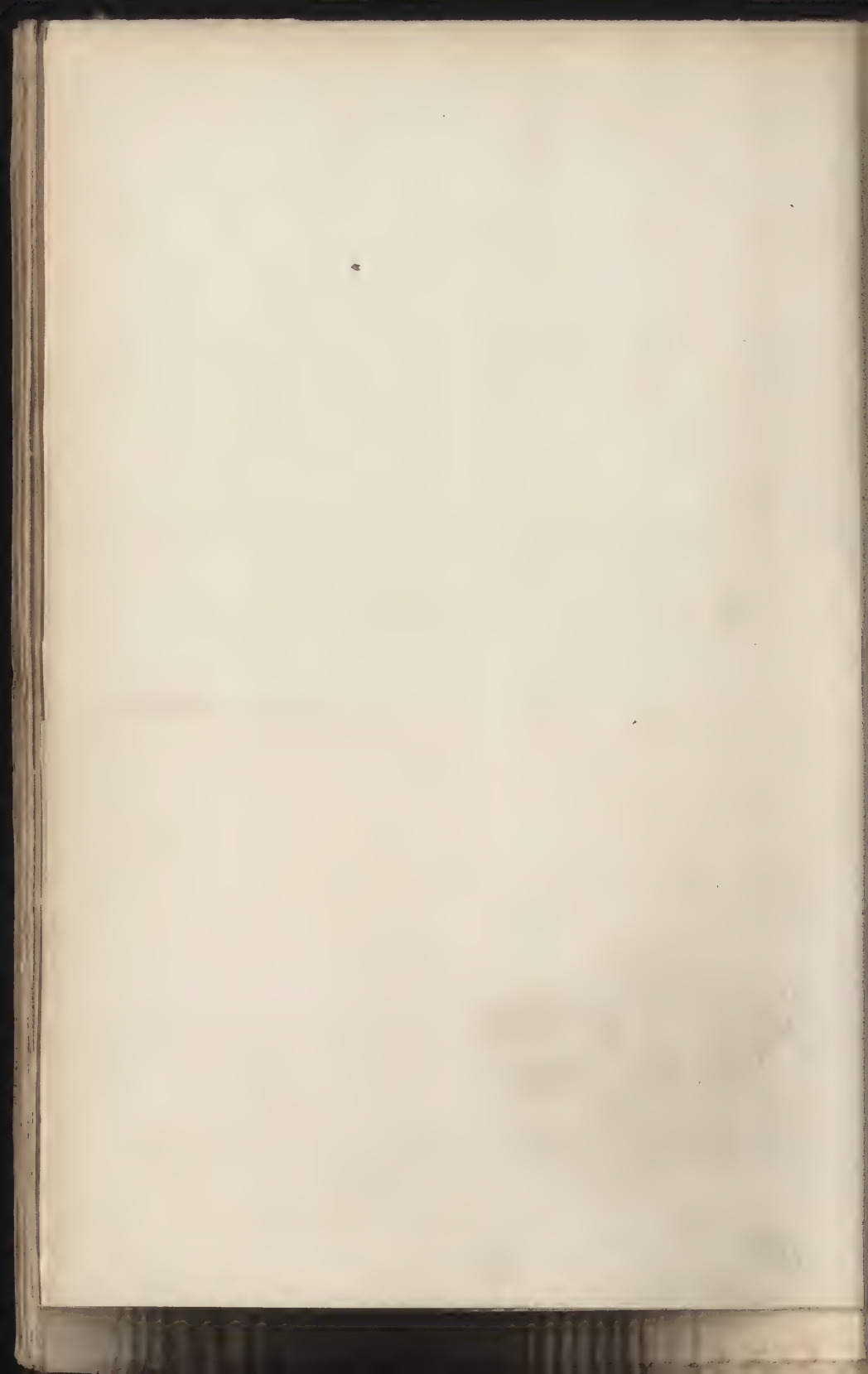
[1] *Atti dell'Accademia Pontificia de' Nuovi Lincei.* Luglio 1855.

TOPO

dei crateri e delle fratture vul

NEL

R. Cast. inc.

RAFIA

niche dei colli Albani e Tusculani

AZIO

della suddetta ellissi come la descritta depressione di sventramento, è pure orientato dal S.-E. al N.-O. confermando così viemmeglio l'andamento della grande frattura. Con questa direzione coincidono eziandio perfettamente la forma del pari ellittica, la posizione dell'asse maggiore e lo sventramento del cratere secondo centrale detto i *Campi d'Annibale*, *Monte Cavo* e *Rocca di Papa*, rappresentante il *Vesuvio* laziale. Non debbo spender parole a dimostrarlo, basta volgere un'occhiata alla topografia.

Ma, come a tutti è noto, i sistemi vulcanici non risultano del solo cono principale; sonovi eziandio molti crateri secondarii, dei quali appunto il nostro sistema laziale si mostra essere stato ricchissimo; e tali crateri sogliono essere distribuiti secondo le fratture proprie del vulcanismo. Sappiamo parimenti che ove si determina l'azione vulcanica ivi suole prodursi una stella di fratture facenti tutte capo al centro del vulcano. Siffatte screpolature saranno tanto più aperte e grandi quanto più si avvicinano al centro, e tanto più sottili quanto più da quello si allontanano. Quindi il primo e principale cratere di ciascun sistema vulcanico è nel centro del medesimo; i suoi crateri secondarii o succursali si fanno strada in punti diversi delle fenditure, disponendosi quasi in altrettanti raggi che partono dal centro del principale cratere. Questa legge scoperta dal Gemellaro nell'Etna e sperimentata da altri geologi massime dal rinomato de Buch, non era stata finora verificata in grande scala e con lo scopo di tracciare l'intiera endografia d'un apparato vulcanico. In verun modo poi, neanche approssimativo, fu giammai sperimentata tal legge d'allineamento nei nostri vulcani laziali. Quivi io l'ho studiata e l'ho rinvenuta tanto esplicita fino nelle più piccole e particolari

sue conseguenze, che potrà veramente il Lazio d'ora innanzi non solo essere appellato in geologia il tipo più regolare della struttura dei vulcani, ma eziandio il primo ad aver rivelato la struttura del proprio sotterraneo apparato di circolazione. Quivi si vede in fatto rigorosamente avvenuto ciò che appena in teoria od in un modello artificiale sembra potersi dimostrare: cioè i crateri essere non solo allineati sulla frattura, ma eziandio diminuire regolarmente di ampiezza, di altezza e di prodotto eruttivo di mano in mano che si allontanano dal centro, ove l'apertura più larga agevolava la formazione di più vasto cratere. E così seguendo questa gradazione troviamo l'azione più antica del vulcano ristretta approssimativamente (salvo le debite eccezioni e distinzioni) più presso il centro, la più recente e più limitata più lungi dal medesimo. In conseguenza di ciò sono state dapprima saldate le fratture ed estinti i crateri verso il centro, e poi le porzioni lontane delle medesime fenditure coi propri e minori crateri. Infine le ultime manifestazioni dell'attività vulcanica tuttora esistenti le trovo confinate alle estremità più sottili delle fratture dove rimane appena il passaggio ad emanazioni sulfuree e ad acque termali e minerali.

Trovo però una eccezione a questa teoria meccanica del vulcanismo, la quale perfettamente vale a confermarne la regola. Dovunque le fratture si incrociano, ovvero anche diversi rami della medesima si riuniscono, e sia questo lungi, sia presso al centro del sistema, avvenne la formazione d'un cratere più vasto degli altri. A suo luogo tratterò particolareggiatamente di siffatta combinazione, ma intanto è chiaro che la convergenza e riunione di più fratture in un punto, presta il luogo a più ampia voragine e per conseguenza ad un grandioso cratere.

Ma per ben dimostrare la verità ed i particolari di queste relazioni fra i crateri, esaminiamo minutamente le traccie di ciascuna delle fratture che ho approssimativamente delineato con colore turchino sulla carta topografica. Prendiamo le mosse dalla già indicata frattura principale che chiameremo generale, allineata lungo l'intiera zona vulcanica italiana. La certezza della esistenza di tale grande screpolatura terrestre nella direzione SE.NO., ci porge una prima linea sulla quale tentare con maggior facilità il rinvenimento degli indizii del preciso andamento della medesima. Infatti, venendo subito alla prova, osservo come la valle più profonda, la quale dallo sbocco del grande cono primitivo (il *Somma* laziale), si dirige verso N.-O. e nella quale si raccolgono tutte le acque interne del cono medesimo, ha la forma e l'apparenza d'un vero *Barranco* del quale abbiamo il tipo e l'appellazione nell'Isola di Palma [1]. Indica perciò la continuazione della spaccatura del cratere. Questa valle infatti presto fa capo al luogo detto Valle Marciana o Castellaccio, evidente, noto e vasto cratere vulcanico. Considerando poi il cratere del secondo periodo cioè i Campi di Annibale (il *Vesuvio* laziale), vediamo rimanere la traccia d'un nuovo *Barranco* sotto quel cono nella depressione del così detto Barco di Colonna e *caput aquae ferentinae* di fronte alla città di Marino. Anche questa valle, suddivisa poi in due bracci, fa capo al medesimo centro e cratere di Valle Marciana; sono dunque coteste valli altrettante fenditure superficiali ovvero screpolature diverse della medesima grande frattura generale; e la Valle Marciana sarà per noi un primo *capo saldo* evi-

[1] Stoppani. *Corso di Geologia*. T. I, pag. 36 e seg.

dente della nostra linea, dopo lo sventramento del cratere principale. Ma qui, poichè sembra a prima vista di perdere le tracce della frattura che seguiamo e che pur sappiamo dover esistere, andiamo a riprenderla dove riapparisce chiarissima. La ritroveremo più tardi anche lungo questa interruzione, quando il ragionamento che segue ce ne avrà posto in mano tutti gli indizii. Percorrendo la carta nella direzione dovuta di N.-O. ed avvicinandosi a Roma, ci si presenta al Ponte Pignattelli una vasta valle dove scorre il celeberrimo fiumicello Almone. La vastità della valle ed i suoi depositi fluvio-vulcanici ricordano al geologo l'importanza quaternaria in questo corso, e l'aver esso avuto spesso le acque cariche delle ceneri eruttate dai vulcani laziali, tanto che taluno vi volle riconoscere gli indizii di un diluvio laziale [1].

In seno a questa valle durano tuttora alcune sorgenti acidule come è quella dei bagni di acqua santa, ed un' altra sotterranea nelle catacombe, ed altre parecchie ne hanno esistite fino quasi ai tempi nostri nei piani della Caffarella [2]. Oltre a ciò sono stato testimonio io stesso dello svolgersi d'una piccola temporanea mofeta nell'atto dello scavo pure entro le catacombe situate nella collina fiancheggiante la valle. Queste sorgenti acidule e mofete confrontate coll'orientazione della valle chiaramente indicano, che essa è la continuazione del *barranco*, ossia della frattura generale vulcanica. La valle dell'Almone mette foce in quella del Tevere. E qui non sono io che debbo dimostrare esser la valle del Tevere un' immensa frattura della crosta

[1] Bleicher. *Bullettin de la Soc. d'Hist. Nat. de Colmar*, 1865.
[2] Bacci. *De thermis*. Brocchi. *Stato fisico del suolo di Roma*, p. 30.

terrestre. Già il Brocchi s'avvide della discontinuità e risalto degli strati delle due sponde, ed il Ponzi caratterizzò la valle tiberina per una grande frattura. Questi accennò anche poter essere avvenuta quella screpolatura nei grandi terremoti, che dovettero precedere ed accompagnare l'apertura dei vulcani Cimini. A me sembra poter dimostrare, che essa non è una frattura conseguente il vulcanismo, ma parte della generale collegante in un solo apparato tutta la zona vulcanica italiana. Infatti dalle cose ragionate è chiaro che nella valle tiberina fa capo la frattura che certamente è la principale del sistema laziale e che si dirige a collegare quest'ultimo col sistema Cimino. Oltre a ciò la orientazione della valle stessa tiberina entro Roma ed alquanto anche fuori della città (salvo una piccola curva geologicamente insignificante), si mantiene rivolta quasi al N.-O. Finalmente è ricca di indizi di vulcanismo antico ed odierno nel proprio seno per il tratto appunto che dopo l'imbocco dell'Almone traversa Roma fino al confluente dell'Aniene detto anche Teverone.

Il Breislak impressionato quasi più dalle memorie storiche che dall'esame geologico della dilatazione della valle tiberina presso il foro romano, non esitò a stabilirvi un cratere vulcanico. Il Ponzi al contrario poggiato sopra dati più positivi, cioè sull'ispezione ed analisi geologica del luogo negò affatto l'esistenza di questo cratere. E veramente niuna traccia di cono crateriforme potrebbesi scientificamente ammettere in quel luogo. Ma la certezza storica di tanti fatti di natura vulcanica; la depressione e dilatazione della valle del foro romano e delle storiche sue paludi nel velabro; inoltre la già dimostrata frattura terrestre tiberina, sono tutti dati, a me sembra, che nell'odierna mia analisi per-

fettamente si corrispondono. Ne discende cioè la più perfetta conciliazione fra le sentenze del Breislak e quella del Ponzi; perchè ammesso che non vi sia cratere, vi si sostituisce il passaggio della frattura vulcanica scorrente fra il Lazio e l'Etruria, causa naturalissima dei fenomeni notati dal Breislak. La celebre sorgente delle acque Lautule era termale e sulfurea [1]. Oltre a ciò, non senza qualche ragione e fondamento può esser nata nel medio evo la leggenda che fece appellare la chiesa di S. Maria Liberatrice nel Foro, *S. Maria de inferno*. La leggenda racconta che in quel luogo da caverne sotterranee usciva spesso un puzzo straordinario, nel quale puzzo noi facilmente riconosceremo una mofeta, e la parola inferno addita qualche cosa di più del solo cattivo odore. Basta una occhiata alla statistica dei terremoti di Roma per avvederci, che nel Foro e ne' suoi contorni se ne risentirono mai sempre gli effetti maggiori. Il terremoto del 1349 percosse sopratutto il Colosseo ed il così detto tempio della Pace, ossia la basilica di Costantino, contigua all'antico e vero tempio e Foro della Pace. Precipitò anche allora l'altissima torre de' Conti situata nel medesimo punto presso la piazza delle Carrette. Nel 477 il terremoto scosse Roma per quaranta giorni continui e ne fu rovinato il Colosseo. Nel 443 caddero molte statue, ruinarono i portici nuovi e l'anfiteatro predetto ne fu tutto scosso. Nel 408 per sette giorni continui muggì e tremò la terra nel vero Foro della Pace. Nel 191 un grande terremoto devastò lo stesso tempio della Pace e le circostanti regioni, ed Erodiano narra perfino che l'incendio seguitone fu cagionato dalle fiamme uscite dalla terra nel

[1] Brocchi. *Stato fisico di Roma*, pag. 30.

terremoto; fatto non inverosimile nè nuovo, e nel 1755 verificato in Lisbona. Spesso fra i prodigi dell'antichità sono indicati i terremoti nel Campidoglio, ed in genere frequentissimi sono i terremoti di Roma nel periodo anteriore all'impero. Prima di Cristo nel 560 di Roma tremò l'eterna Città per quarantadue giorni; nel 559 furono tanti e si continui i terremoti che dovette il Senato proibirne l'annunzio, escludendo quasi questo fenomeno dal novero dei prodigi. Finalmente tutti ricordano la voragine apertasi in mezzo al Foro Romano nell'anno 393, dentro la quale si gettò Q. Curzio, e donde e fuoco e vapore pestilenziale eruttò per più giorni. Tutta questa serie di fatti relativi al solo Foro Romano basta a dimostrare ivi l'esistenza d'un centro d'attività vulcanica. Ma v'è di più: lo stesso esame statistico dei terremoti più moderni, massime del celeberrimo del 1703 ci mostra non solo nel Foro Romano quasi il centro dei terremoti di Roma come il luogo più percosso dalle disgrazie, ma eziandio ci presenta una coincidenza speciale nella contemporaneità e nella intensità delle scosse con i terremoti di Frascati. La quale città è situata appunto assai presso allo sbocco della slabbratura del grande cono ove comincia la frattura della quale ragiono, e che ho rintracciato fino a Roma. Dunque nei fenomeni osservati nel Foro Romano verifichiamo l'esistenza della frattura, la sua importanza vulcanica, ed il suo collegamento col punto di partenza della frattura Laziale, il che equivale a dire, troviamo nel Foro il prolungamento della medesima fenditura. Ma oltre il Foro Romano un altro punto della valle tiberina conserva tuttora, ed ha forse modernamente spiegato traccie del vulcanismo. Non lungi dal Ponte Molle è la sorgente dell'acqua acidula detta acetosa, la quale col suo variare

di acidità e di temperatura si mostra collegata a sotterranee variazioni delle sue vene. Oltre a ciò, ivi medesimo nel luogo detto *la penna*, il Brocchi ed il Riccioli osservarono nelle acque del Tevere una vera sorgente di gas acido carbonico perenne sulla riva del fiume [1]. Gli stessi naturalisti trovarono ricchissime ambedue le sponde del Tevere di sorgenti di gas infiammabile, che credettero poter attribuire allo scolo delle fogne di Roma. Ma è da osservare che tali sorgenti comparendo oltre che nell'interno dell'abitato anche assai lungi dal medesimo prima e dopo la città, accusano chiaramente una origine e natura collegata all'intero bacino del corso fluviale. E tale origine non potrebbe esser meglio rinvenuta entro una fenditura, che riconoscendo in tali emanazioni i vapori emanati dalla medesima. Viemmeglio poi apparisce la certezza di tale deduzione dal considerare che le due maggiori e perenni sorgenti di tal genere osservate dai predetti naturalisti, sono appunto fuori della città alla Penna cioè, e fuori di Porta S. Paolo in luoghi coincidenti coll'incrociamento di altre fratture, come presto vedremo nel seguirne le traccie. E siffatto incrociamento aggiungerà a mio avviso nuovo argomento ai già esposti per persuadersi che la frattura nella quale corre il Tevere in Roma fa parte della grande fenditura vulcanica generale italiana.

Prima di esaminare gli altri rami di questa medesima fenditura debbo, secondo che ho promesso, dimostrare le traccie di essa nel tratto dove non compariscono superficialmente, cioè fra la valle Marciana ed il Ponte Pignat-

[1] Moroni. *Diz. di Erud. Ecc. Art. Tevere.* Morichini. *Lettera sopra il gas inflammabile del Tevere,* 1821.

telli. Sarà questo, mi pare un bel risultato della mia minuziosa analisi. Ho accennato la vastità ed importanza quaternaria del bacino del fiume Almone, notata pure dal Blaicher. Ma niuno pose mente finora alla singolarità che sì vasto bacino è affatto mancante d'un proporzionale corso lineare. Esso è largo allo sbocco quanto quello dell'Aniene, la metà cioè di quello del Tevere, e tale capacità come è evidente deve essere proporzionale alla quantità delle acque scorrenti cioè proporzionale alla lunghezza del bacino idrografico. Il Tevere ha 250 miglia di corso, l'Aniene ne conta 80, e l'Almone, secondo che oggi vediamo misura linearmente appena quattro miglia di letto. Un' altra anomalia tutta geologica veggo presso al cominciamento odierno della valle medesima, ed è che vi compariscono estesi banchi di ghiaia formata da rottami di lava, uno dei quali presenta un massimo grado di rotondità dei lapilli per effetto di lungo rotolamento, lo che non può avvenire nel bel principio del bacino. Anche il volume dei massi compresi fra le ghiaie accenna ad una forza traslatrice di acque copiose e rapide, fatto difficilmente intelligibile nel nascimento stesso del corso. Finalmente fra quelle ghiaie è caratteristica una specie di lava disseminata di grossi cristalli vitrei d'amfigene, i quali hanno poi nel loro centro quasi a modo di nucleo una melanite piccolissima. Di questa lava caratteristica non conosciamo la corrente, la quale giace forse sepolta sotto altri strati che non la lasciarono finora scoprire. In cosiffatto nascimento di valle compariscono oggi le poverissime sorgenti dell'Almone, il cui nome fluviale è piuttosto storico che naturale, essendo questo corso più povero di acqua che non sono molti rigagnoli.

Portandoci poi ad esaminare le valli che fanno capo al

cratere Marciano, le veggo perdute in quel vasto bacino, e le acque loro in buona parte scomparse sotterra prima anche di giungere alla predetta valle. Ciò visto sorge spontanea l'induzione che l'acqua scomparsa sia quella medesima che ricomparisce al Ponte Pignattelli seguendo sotterraneamente il letto del fiume, ossia la continuazione della propria valle ostruita dalle eruzioni del cratere Marciano. Avvalora grandemente questa mia idea l'aver io trovato negli strati fluviali del *barranco* al Barco Colonna, que' medesimi ciottoli di lava amfigenica caratteristica, che rinveniva nella valle dell'Almone presso Roma. L'identità del deposito è in questo caso ottimo indizio della identità anche del bacino.

Ma qui forse taluno potrebbe oppormi che se le eruzioni ostruirono il bacino ed il letto dell'Almone laziale, dovremmo vedere formato un lago da quelle acque, e quindi aperto un nuovo letto sostituito altrove al primitivo colmato. Per rispondere pienamente a questa difficoltà dovrei entrare in una delle questioni generali e vastissime accennate da principio che è impossibile fare entrare nel quadro di questa trattazione sommaria cioè la quistione idraulica laziale. Ma quando toccherò questo tema, per ciò che riguarda il fiume Almone, confido di poter dimostrare, che esso allorquando ebbe il letto riempito dalle eruzioni del cratere Marciano, avea già da prima perduto le acque proporzionali alla capacità del suo bacino, sicchè allora subì una seconda modificazione nel suo idraulico regime. Prima della comparsa del vulcanismo laziale l'Almone formò il suo bacino scendendo direttamente dall'Appennino e dai Lepini per le valli di Palestrina e di Lugnano, le quali appunto dalle eruzioni laziali furono chiuse allo sbocco ed ebbero deviate le acque

nel bacino del fiume Sacco. Rimase però allora l'Almone scaricatore delle acque interne dei nuovi monti laziali e sopratutto apportatore al Tevere ed al mare di torrenti quasi fangosi ossia dei diluvi accompagnanti le eruzioni. Dei quali torrenti trovo i testimoni geologici negli strati vulcanici, i quali non solo nella valle dell'Almone, ma eziandio in quella del Tevere tra la foce di questo fiume ed il mare stanno sovrapposti alle sabbie ed alle argille d'origine unicamente fluviale. Non è facile calcolare quanto l'ufficio rimasto all'Almone di scaricare le acque interne del cono laziale fosse sproporzionato alla vastità del suo bacino e se perciò esso divenisse fin da allora poverissimo di acqua, ingrossando solo nei diluvi eruttivi. Non mi manca qualche dato stratigrafico per risolvere anche questo problema secondario, ma non posso qui darne neppure un cenno.

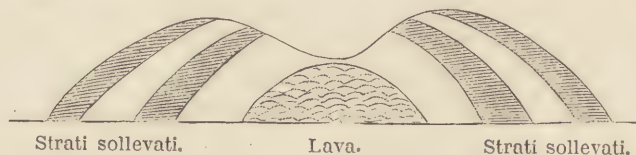
Allorchè poi per la seconda volta fu chiuso il letto del nostro fiume dalle eruzioni del cratere Marciano, questo vasto baratro ne accolse al certo le acque e divenne lago come lo attestano i depositi che vi riscontriamo. Gli emissari di questo lago allora formatisi nel punto più dappresso del cono Marciano, scaricarono le acque fuori del letto dell'Almone, mentre una piccola porzione seguiva come oggi le vie sotterranee dell'alveo antico. Ma non molta fu l'acqua ch'ivi adunavasi; poichè l'analisi del cono laziale mi ha già indicato una terza vicenda idraulico-vulcanica, cioè la deviazione per effetto di frana d'una grande porzione delle acque interne del cono, le quali dovettero cessare di affluire all'origine dell'Almone laziale nel Barco Colonna, per versarsi lungo una nuova frattura volta all'Ovest. Questa digressione piena di affermazioni senza prove, mi è stata imposta dalla natura del tema, per ovviare una diffi-

coltà e per mostrare al lettore benevolo che la questione intimamente molteplice e complessa se ha dovuto da me esser divisa nella trattazione non lo è stata però nello studio.

Ma lasciati da parte i minuti particolari della questione idraulico-vulcanica dell'Almone, sembrami abbastanza provato dall'insieme dei dati, che questo fiume ebbe il suo letto più o meno serpeggiante nella direzione da me notata in turchino sulla topografia fra il Castellaccio ossia cratere Marciano ed il Ponte Pignattelli. Ed è pur chiaro inoltre che questo letto fu la continuazione del *barranco* lungo l'asse della frattura vulcanica manifesta di sopra nel cratere Marciano e di sotto nella valle moderna dell'Almone e del Tevere. Posso adunque concludere che sono dimostrate le tracce della generale frattura in tutti i punti del suo andamento nel suolo romano. Se dovessi con uguale precisione e minuti particolari render conto di tutte la altre linee di frattura da me indicate sulla carta, facilmente questo paragrafo diverrebbe un volume forse anche di non piacevole lettura. Sicchè avendo dato un saggio in questa prima linea della minuta analisi fatta da me ad ogni passo, per le altre linee mi contenterò di esporre prima i principii generali che mi hanno guidato nel tracciarle, quindi percorrendo tutte rapidamente noterò in ciascuna qualche fatto caratteristico, che ne determina l'andamento generale. Che i caratteri, le emanazioni di gas e le sorgenti termali e sulfurce sieno altrettanti *capi-saldi* delle nostre linee non occorre dimostrarlo. Solo la moltiplicità e perciò la vicinanza di uno coll'altro di essi sembra intralciare il discernimento delle linee precise del congiungimento loro. Per iscoprire siffatti congiungimenti abbiamo già visto di quanto ajuto

sieno i corsi delle acque, i quali spessissimo si determinano entro le fratture della crosta tracciandone la direzione. E veramente se bene si considera la crosta terrestre sia nei grandi suoi rilievi sia nei piccoli colli, troveremo esser legge costantissima e meccanicamente necessaria (salve le eccezioni dovute a particolari combinazioni) che il corso d'acqua dovendo eleggere la massima depressione, seguirà una frattura ovvero una linea parallela alla medesima. Imperocchè la frattura il più delle volte è accompagnata da un almen piccolo rilievo dei suoi bordi, lo che produce per ciascun bordo un versante interno ed un altro esterno. E se aggiungasi la considerazione che l'esperienza mostra le fratture esser difficilmente isolate, ma il più delle volte parallele fra loro in numero variabile, crescerà l'evidenza della legge meccanica che obbliga i corsi d'acqua a dividersi in gruppi paralleli fra loro, o dentro o fuori delle linee di frattura. Senza più addentrarmi in questo tema, basta una occhiata nel caso nostro alla topografia dei monti laziali colla circostante campagna fino al mare, per concepirne l'evidenza e la ragione, sopratutto se si consideri l'andamento delle fratture già note e principali della contrada.

Ma per venire più al particolare della coincidenza dei corsi d'acqua colle fratture nel vulcano laziale, faccio notare che l'osservazione mi ha costantemente quivi dimostrato che la legge, la quale ha presieduto alla distribuzione e formazione delle gole di monte, ossia dei nascimenti delle valli, massime maggiori, è mai sempre la spaccatura del cono vulcanico nel punto ove ha emesso la lava. La lava ha agito anche alquanto come forza sollevatrice, ha prodotto la fenditura, i cui labbri hanno franato, e la valle così iniziata è stata poi completata, ossia ne sono stati ro-

tondati i versanti dalla erosione delle acque. Infatti quante volte ho potuto esaminare la sezione di un nascimento di valle, ossia di una gola di monte nei colli vulcanici laziali, vi ho mai sempre trovato nel centro più profondo la lava sulla quale sono addossati e raddrizzati gli strati vulcanici spostati ed aperti colle teste dei medesimi riguardanti il cielo per il sollevamento, e rotondate dalla erosione [1]. Eccone la figura:

Mostrando io questo fatto in uno dei punti suddetti all'illustre nostro prof. Stoppani, egli ragionevolmente mi pose in sull'avviso di non lasciarmi ingannare in cotesto fenomeno dall'apparenza nel riguardare sul taglio d'una *corda* gli strati che essendosi accumulati in circoli sopra un cono doveano appunto nella *corda* presentare la figura qui addotta e mentire un apparente sollevamento. L'avvertimento mi fu utile per tornare all'esame dei miei dati; ma mi dovetti convincere che almeno per grandissima parte dei casi il suddetto equivoco non esisteva, perchè il sollevamento è maggiore assai di ciò che sarebbe provenuto dalla combinazione del taglio sulla *corda*, ed in ogni modo poi a

[1] A questo fenomeno dee riferirsi il fatto osservato dal De Saussure nella eruzione ultima del 1872 del Vesuvio, dove per la emissione della lava spaccatasi la montagna in tutta l'altezza ne franarono le due creste mentre la lava sgorgava dal piede della frattura. (V. *Les Mondes*, tom. XXVIII, pag. 541).

testificare la frattura rimaneva il nascimento dello sbocco della lava e l'erosione degli strati superiori avvenuta appunto lungo la linea della lava stessa, il qual fatto esige il principio d'una screpolatura.

Così nei vulcani vediamo in piccolo i sollevamenti delle montagne e rassomigliarsi le cause e gli effetti meccanici della orografia vulcanica e della montana, sempre però nei limiti che consentono le nuove e giuste teorie relative alla formazione delle montagne, nelle quali il fenomeno del sollevamento è limitatissimo e secondario. Seguendo i maggiori di cosiffatti nascimenti di bacini e sbocchi di lava, ossia le principali gole del grande cono laziale da monte a valle, osservo che secondo la variazione e l'andamento loro stanno le maggiori depressioni del terreno, i corsi più importanti di acque, i bacini che furono un dì lacustri, le lave livellate col suolo (che sono quelle le quali colmarono profonde cavità), e finalmente vi s'incontrano per contrario le maggiori eminenze dei colli isolati, cioè i noti crateri succursali e secondarii del sistema, nonchè le sorgenti termali, acidule, sulfuree e le mofete. Guidato da siffatti indizîi ho tracciato sulla carta topografica le linee di frattura che rappresentano la endografia vulcanica laziale. La quale, a mio credere, di per sè presenta un grande indizio di verità negli incrociamenti delle supposte screpolature. È chiaro che la riunione di più fratture deve produrre una vasta depressione del terreno e prestare il luogo ad un cratere proporzionatamente più vasto che altrove. Questa conseguenza meccanica è appunto quella che si verifica nella mia endografia laziale, come può facilmente convincersene il lettore col solo guardare la carta più volte citata. Intorno alla quale debbo solo qui lamentare che non

sia di proporzione più grande e sopratutto più completa nel movimento del suolo e nei corsi d'acqua.

Posti i suddetti generali principii, sarà chiaro il perchè io abbia delineato una frattura che parte dal cratere Marciano e collegando la mofeta di *Morena* con l'*Acqua bollicante* lungo le valli che servirono e servono tuttora di scolo alle acque del detto bacino di valle Marciana, raggiunga il corso dell' Aniene. Dove questo fiume sbocca nel Tevere, un'altra fenditura gli viene incontro dal cratere di Baccano nelle valli di Valchetta e Fiume Cremera, dando ragione non solo della vasta depressione del suolo, ma eziandio delle continue emanazioni gassose sopradescritte presso Acqua acetosa. Se lo spazio me'l consentisse, potrei ragionare della continuazione verso il Nord della valle del Tevere, la quale, essendo nota frattura, anche essa incrociante colla generale vulcanica della zona di tal natura, molti fatti geologici e fenomeni avvenuti in tempi diversi troverebbero la loro topografica o piuttosto endografica ragione d'essere.

Ritornando più rigorosamente nel campo nostro laziale, a destra di Valle Marciana, sulla via Appia, vediamo la notissima piccola solfatara presso le *Frattocchie.* Questa apparisce sullo sbocco di una vallata che si diparte dallo sventramento del grande cono e si dirige verso il punto più depresso del bacino lacustre di Castel Gandolfo. Quivi il Ponzi già rettamente dimostrò che il lago risulta per la metà soltanto della cavità del cratere, essendo l'altra metà dovuta ad uno sprofondamento. Il quale sprofondamento io osservo traversare il cratere e ricomparire nel lato opposto presso Palazzola, dove appunto sgorgano le sorgenti principali e quasi totali del lago. Non è difficile in questo an-

damento riconoscere una frattura. Ma se a taluno sembrasse strano il vedere una screpolatura che, contro la legge generale del Gemellaro, non fa capo al centro del vulcano, osservi come questa invece disegni lo stacco del riempimento del grande cono primitivo. Infatti in quella frattura viene completato il perimetro interno del grande cono che sembra ed è alterato dalla cavità del cratere del lago Albano, apertasi sopra un'altra regolare e vasta fenditura di cui poscia ragioneremo.

E qui, se trattassi la quistione idraulica, potrei dimostrare una delle cause del lago di Castello ed il terzo impoverire delle acque dell' Almone avvenuto quando, fattasi palese questa fenditura almeno dal lato di Palazzola, grande parte delle acque interne del grande cono use a fluire verso il Barco Colonna, ossia *Caput aquae ferentinae,* deviarono per il nuovo *Barranco* ed affluirono ad accrescere le acque del lago di Castello. Lascio considerare al lettore come questo fatto idraulico-vulcanico trovi un posto nella storia romana quando per cause invisibili, ma dopo inverno piovosissimo, il lago Albano ricolmo debordò e costrinse i romani alla escavazione dell'emissario. Un semplice terremoto avvenuto anche molto prima dell'anno 358 di Roma poteva aver preparato il fenomeno avendo alterato il regime idraulico del lago.

Ma ritornando allo studio della frattura e riprendendola alla solfatara, quantunque quivi una corrente di lava recentissima e superficiale ne nasconda le traccie per breve tratto, esse ricompariscono poco dopo e guidano l'occhio al cratere della Cecchignola, alle acque Salvie ed all' incrociamento e ritorno sulla frattura del Tevere, circa nel punto dove il Brocchi ed il Riccioli trovarono perenne e

forte sorgente di gas infiammabile. Così anche questa fenditura, considerata tanto nella origine come nello sbocco, si mostra collegata e facente parte della grande e generale diretta da S.-E. a N.-O. in tutta la zona vulcanica italiana.

Col solo riguardare la carta facilmente si vede che ora rimangono a dimostrare fratture più regolari e facenti tutte capo al vero centro del vulcano, e che dopo gli esposti principii ed osservazioni possiamo percorrere più francamente di volo. Fra il monte Cavo e la fortezza di Rocca di Papa si apre una vasta apertura dalla quale sgorgarono copiosissime lave e della quale i due citati monti sono i brani rialzati. Il cratere Albano, il cratere di Turno, la solfatara sulla via Ardeatina coi relativi corsi di acqua, tracciano il rimanente della frattura medesima, e mentre sembrerebbero perdersi sotto i *Monti di Leva* ricomparisce fra questi alla *Petronella*, presso Lavinio, fino al mare, dove forse sono anche da riferire le antiche memorie dei prodigi che ci ricordano nell'anno 537 di Roma l'ardere del mare, *mare arsit* [1].

Le due seguenti screpolature che congiungono il conetto di Castel Savelli, Ardea e la valle Aricina, secondo il complesso dei citati indizi fanno capo nel cratere Albano e comunicano col grande centro per mezzo di quello ossia mettono immediatamente nella grande frattura.

Il cratere di Nemi nella mia carta per piccolo errore litografico non è stato distinto nelle sue due parti di sprofondamento e di cratere riconosciute dal Ponzi, ma la posizione del suo asse maggiore ne indica abbastanza la di-

[1] Svolgerò altrove le ragioni di questa probabile designazione topografica.

rezione. A questo cratere fanno capo due altre fratture una delle quali può essere riconosciuta fino in riva del mare dove è la *Torre caldana* con una copiosa solfatara presso porto d'Anzio.

La seguente linea è indicata anche nella incompletissima carta annessa a questo scritto dalla gola di monte donde sgorgarono copiose correnti di lava e di fanghi nell'ampia vallata detta di S. Gennaro, la quale col suo retto corso e brani sollevatine prosiegue le tracce fino alla pianura. Viene appresso la screpolatura sulla quale si allineano parecchi crateri; ma sopratutto un grande insenamento del monte Artemisio trascurato nella mia topografia, ed il bel cratere della città di Velletri. Quivi si suddividono i raggi, ma quello che corre nella direzione di Cisterna e si dirige al piede dei monti lepini è ricco oltre che dei soliti indizi, anche di memorie antiche e moderne di fenomeni indicanti la vulcanica fenditura. Già l'allineamento dei predetti crateri col corso del fiume *Teppia* e l'acqua sulfurea detta *Acquapuzza* sotto Sermoneta ed il prossimo sollevamento dei monti Lepini dimostranti le testate degli strati loro innalzati, sarebbero dati certissimi per iscorgervi la frattura. Ma oltre a ciò lungo questa linea l'esperienza dimostra esser frequentissimi gli sprofondamenti del terreno [1]. Nell'anno 1809 se ne formò uno del diametro di 100 metri ora pieno di acqua, un altro ne avvenne nel 1848, un terzo nel 1852 e l'ultimo nel 1857. Su quella stessa linea se si riguarda una buona carta, si trovano parecchi piccoli laghetti indicanti

[1] Debbo alla cortesia ed intelligenza del signor ingegnere Pacifico Ditucci di Velletri la notizia e le ricerche intorno a questi recenti sprofondamenti del suolo.

altrettante depressioni del suolo; e vi si incontra pure anche una regione campestre denominata *Case affondate*, il quale vocabolo, come ognuno intende, è certamente da riferire ad una vaga reminiscenza di avvallamenti di suolo, posto che riscontrasi in regione tanto soggetta a questo fenomeno. Dalla serie esposta dei fatti quasi di per sè assai probabilmente verranno a collocarsi su questa linea le memorie di sprofondamenti che troviamo registrati dall'antichità fra i prodigi nei territori di questa linea. Leggesi all'anno di Roma 550 che nell'agro Veliterno si aprirono molte e grandi voragini le quali assorbirono eziandio gli alberi [1]. Poscia nel 554 nello stesso agro veliterno si sprofondarono tre jugeri di terreno [2]. Nel 636 se ne sprofondarono sette jugeri presso Piperno [3]. La determinazione di questa fenditura vulcanica che potremo chiamar laziale-pontina e laziale-lepina, è di sommo interesse per dimostrare una volta di più le relazioni fra i vulcani e le fratture di sollevamenti montani. Già il Ponzi avea provato che la pianura pontina risulta di una fenditura con risalto ossia di una screpolatura il cui brano destro fu sollevato a formare i monti lepini e l'altra pagina rimase ferma al suo posto [4]. Ora questa fessura vediamo prolungata nell'apparato vulcanico e far parte del medesimo anche nel bacino pontino sotto i Lepini. Ciò però nulla toglie alla sentenza del Brocchi e del Ponzi i quali stabilirono che la fenditura generale, della zona vulcanica italiana percorre a mezzodì nella valle del Sacco al di là dei Lepini, dove i vulcanetti di Pofi e di Tic-

[1] Livio, xxx, 38.

[2] Livio, xxii, 9.

[3] *Jul. Obseq.* Ediz. Jahau. Lipsia, pag. 122.

[4] Ponzi. *Storia naturale dell'agro pontino*, pag. 15.

chiena formano un *capo-saldo* evidentissimo di quella zona. La fenditura Lepino-Pontina può esser secondaria nel vulcanismo laziale e può forse al di là dei Lepini ricongiungersi colla generale e principale testè nominata.

Per non dilungarmi eccessivamente non mi fermerò a considerare le due seguenti linee abbastanza riconoscibili in seguito agli esposti principii sopra qualunque topografia. La prima di esse pone in comunicazione col centro vulcanico il cratere di Giulianello e la seconda uscendo dalla grande depressione dei laghi della Cava, tocca una sorgente termale presso *Mezza selva* e fa parte della grande comunicazione testè indicata di tutto il vulcanismo italiano con la valle del Sacco. È anche circa da questa linea che in un punto non compreso nella mia carta si diparte un raggio il quale per le valli fra i monti presso Olevano si congiunge colla valle di Cona presso Subiaco. I conosciuti crateri vulcanici di questo luogo coi loro prodotti simili ai laziali, mediante la traccia testè descritta, prendono posto fra le diramazioni dell'apparato vulcanico laziale.

Le tre seguenti fenditure che passano per la gola di Rocca Priora, ed i crateri di monte Compatri e monte Porzio formano un solo gruppo che si riunisce in una sola linea al cratere del lago Gabino. Se dovessi descrivere minutamente ad ogni passo le traccie evidentissime delle disegnate linee, spenderei molte pagine. Ma dopo l'analisi percorsa mi sembra che un solo sguardo al parallellismo delle valli e dei corsi d'acqua con la curva verso il lago Gabino, della quale curva rende tanto chiara ragione il prossimo sollevamento dei monti di Tivoli e S. Gregorio, mi dispensi dall'annoiare il lettore colla minuziosa indicazione di ripetute simili osservazioni. Se la discussione sor-

gesse su tale argomento, non mancherei di pubblicare qualsivoglia più minuto particolare. Intanto faccio notare come contro-prova ed indizio di verità dei disegnati andamenti di meati vulcanici, il lago e cratere di Gabio che colla sua vastità ottimamente si accorda al confluire in quel punto di tre diramazioni. L'unica linea che sembra proseguire, è anche essa proporzionata al largo cratere a cui fa capo ed è la sola fra le fratture vulcaniche laziali che spieghi tuttora una sensibile attività. Le sorgenti sulfuree del lago delle acque albule con le sue emanazioni gassose d'acido carbonico, la variabilità delle dette sorgenti, la evidente relazione dei suoi massimi e minimi positivi e negativi con i movimenti vulcanici della zona italiana, con i sismici e barometrici, mi sono argomento a concludere che non solo è questo il punto di maggiore manifestazione della residuale attività ignea laziale, ma che sarebbe il luogo sul quale istituire le più diligenti e periodiche osservazioni. Per le quali il poco che io finora ho fatto mi sprona a continuare ed allargare il quadro delle medesime.

Ecco compiuto il quadro della endografia delle fratture vulcaniche laziali, dalla cognizione del quale quanto feconda e solida base sia fatta alle ricerche geologico-storiche della contrada, non occorre dimostrarlo. I fatti stessi richiamati nell'analisi, le indagini incidentalmente toccate sulla idrografia laziale ne hanno fornito una prova palpabile. Ma ora, passando allo studio del periodo sismico traversato nel gennaio scorso dal sistema vulcanico laziale, apparirà insieme l'importanza della stabilita endografia ed una controprova della esattezza della medesima, a cagion dei fenomeni osservati nei singoli luoghi durante il detto sismico

periodo. Passiamo adunque prima alla esposizione statistica dei fatti, per poscia discendere alla loro interpretazione.

§ 2. *Relazione dei movimenti del suolo colle fratture vulcaniche.*

Ometto la relazione dei fatti singoli del terremoto del 19 gennaio perchè abbastanza ne adduco i dati che servono allo scopo nel confronto che ora intraprendo. Del resto essi furono da me pubblicati con ogni particolarità appena avvenuto il fenomeno [1]. Per essi è sommamente notabile la varietà della direzione della ondulazione avvertita nelle diverse località durante lo stesso terremoto, e sopratutto la diversità della valutazione fattane perfino nello stesso luogo. Prima di entrare a ragionare su ciò debbo assicurare il lettore che dubitasse della esattezza di quelle contradditorie osservazioni. Avendo visitato in persona la massima parte dei luoghi ed avendo così raccolto notizie copiosissime, ciascuna valutazione ho basato sopra tanti dati, che non credo possibili errori di molto rilievo. Del resto una prova della verità della duplice direzione contemporanea degli scotimenti, è fornita dai fatti osservati in Castel Gandolfo indipendentemente dalle apprezzazioni. Ivi, nella scossa delle ore 6,30, furono fortemente sbattute le porte volte nella direzione S.-O. N.-E., mentre rimasero tranquille le orientate diversamente. Ma in pari tempo il pendolo della lampada nella chiesa oscillò fortemente circa dal S. al N. Questo fatto dimostra che il

[1] V. *Atti della Pont. Acc. de' N. Lincei*, 1873, sess. II.

terremoto potè imprimere contemporaneamente quei due contrarii movimenti e non altri, essendosi avverata la quiete degli oggetti mobili in altre direzioni. Ciò posto rimane ad esaminare se la direzione ed importanza diversa delle fratture testè determinate e riconosciute, possa esser stata la causa di quelle varietà. Lo che se fosse verificato, scopriremmo un lembo del velo che tiene nascoste le leggi dei terremoti intravvedendone una parte delle meccaniche.

Non è da dubitare che i terremoti del 18, 19, 20 gennaio ebbero un centro di spinta nelle cavità del vulcanismo laziale, e che solo alcuni altri punti dell' Italia saltuariamente furono investiti in ore anche in parte diverse e con diversissimo grado di intensità. Il terremoto adunque fu laziale. Dovunque il movimento fu più sensibile, si avvertì la scossa sussultoria ed anche il sollevamento del suolo; fatto non punto nuovo, ma che determina viemmeglio il centro dell'azione o piuttosto il punto e i punti ove più immediata si risente l'azione della causa dello scotimento. Così considerando i fatti e volto anche il pensiero a quanto si conosce intorno al fenomeno del terremoto, parmi poter concludere che la spinta causale di ogni terremoto è verticale, e perciò il movimento dovrebbe verificarsi mai sempre sussultorio. L'ondulatorio dovrebbe essere una conseguenza del primo sia nel centro soggetto alla spinta, sia per propagazione del moto a distanza variabile. Se consideriamo l' effetto meccanico di tale spinta verticale sopra una frattura della crosta terrestre, non tarderemo a capire: 1° come ivi deve esser sommamente sensibile il terremoto massime nella forma sussultoria; 2° come il tremito ondulatorio conseguente il sussultorio deve essere prodotto dal ritorno all'equilibrio delle due pagine o brani sollevati dalla spinta.

Quindi resta intesa la si frequente formazione di voragini nei terremoti, le quali voragini debbono quasi sempre avvenire a mio credere lungo le linee delle fratture, dove momentaneamente si rilascia la pressione reciproca ed il contatto dei due labbri della fenditura. Se la mia induzione è giusta deve seguirne per legge meccanica, che la scossa ondulatoria conseguente la succussoria deve essere diretta normalmente all'asse della screpolatura, e che questa direzione sarà modificata nei varii luoghi e molteplice nel medesimo luogo, secondo che vi concorre il favore di una o più screpolature e secondo che una più d'un' altra di esse sia investita, o secondo anche la proporzione di vastità ed elasticità di una verso l'altra vicina.

Havvi però un altro fatto nei terremoti, verificato anche in questo del 19 gennaio, che vuol essere complessivamente considerato. Esso è la simultaneità delle scosse a grandi distanze senza che siano avvertite nelle regioni intermedie. Il terremoto del 19 del Lazio non fu sentito in Toscana, nè nel Viterbese, ma fu avvertito a Mondovì nel Piemonte; non fu sentito che eccezionalmente nella provincia di Campagna, niente in Napoli, e si sentì invece a Monte Cassino, Isola di Sora ed in Calabria. Altra volta ho io ragionato di questo fenomeno e ne ragionò anche il Ponzi. È evidente che questi giuochi vengono dalla comunicazione delle fratture fra loro. Ma si può domandare se ciò avvenga per altrettante spinte verticali isolate ciascuna, e soltanto più o meno contemporanee, ovvero per trasporto della causa reagente entro le fratture che si condensa e sforza in alcuni punti di maggiore strettura. A me sembra che l'uno e l'altro fenomeno debba verificarsi, e che il secondo sia piuttosto conseguenza del primo. Quindi è che considerandone

l'effetto meccanico, si vede come debba talvolta poter avvenire per conseguenza dello scorrere della causa del terremoto entro una frattura, di risentire alla superficie l'onda progrediente nella direzione medesima dell'asse della frattura. Ciò posto adunque dove esistono le fenditure, le scosse saranno principalmente normali all'asse delle medesime, come prima abbiamo detto, ma talvolta anche parallele al loro andamento.

Esaminiamo ora se applicando questa teoria meccanica alla regione laziale scossa ai 19 gennaio la troviamo verificata, ossia vediamo se le direzioni diverse notate nelle onde del terremoto sono in relazione delle direzioni delle fratture. Avremo così una prova di fatto della verità della enunciata teoria meccanica ed insieme una contro prova della verità della endografia dell'apparato vulcanico prima determinata.

Fatta la rassegna delle indicazioni raccolte circa l'ondulazione sì nella scossa delle ore 5.50 come in quella delle 6.30, massime se si considerino le indicazioni avute in Roma e nei luoghi alquanto lontani dai crateri, risulta evidentemente un predominio della ondulazione da S.-O. a N.-E. Le ondulazioni diverse da questa o sono state avvertite unitamente a questa nel luogo istesso, o sono state notate in sui labbri dei crateri; o quel che è più caratteristico, sono state quasi sempre intese dopo la scossa sussultoria assai sensibile. È dunque chiaro che la principale e generale ondulazione fu da S.-O. a N.-E. e che le altre diverse furono modificazioni locali. E qui osservo come appunto la generale e principale frattura vulcanica correndo da S.-E. al N.-O., secondo l'esposta teoria dovea seguirne l'ondulazione nella direzione normale a quella cioè da S.-O. a N.-E. Infatti in

Roma dove corre la sola frattura principale è anche il punto dove sopra ogni altro spiccatamente la sussultoria si convertì in ondulatoria da S.-O. a N.-E., mentre in altri luoghi la sussultoria spessissimo si trasformò diversamente. In Roma però nel Campidoglio taluno avvertì l'onda da S. a N. È chiaro che l'eccezione d'un solo punto, o di pochi punti, od anche di pochi osservatori, non altererebbero la regola anche nel caso che non sapessimo rendere ragione della anomalia. Ma si osservi come il Campidoglio sia un colle isolato nella dilatazione della valle, la quale è quasi cratere, perchè sede conosciuta di vulcaniche manifestazioni. Inoltre il Campidoglio secondo che sappiamo dalla storia antica, molte volte tremò solo, e molte altre più sensibilmente che il circostante terreno. Sicchè a buon diritto possiamo crederlo un brano della crosta isolato e frastagliato dalle fratture, talchè possa dar luogo ad anomalie, delle quali quella del 19 gennaio non sarebbe stata la prima osservata [1].

Un altro fatto singolare avvenuto in Roma merita speciale ricordo e considerazione. Il terremoto fu pochissimo sentito nell'Isola Tiberina di S. Bartolomeo ed anche poco nel Rione Regola contiguo alla medesima isola. Il fenomeno fu tanto leggero nell'isola predetta, che di tutti i malati (d'ordinario sensibilissimi) giacenti nell'Ospedale dei Fate-Bene-Fratelli, uno solo avvertì leggermente la più forte delle scosse, quella cioè delle 6.30. Questo fatto a mio av-

[1] Anche nei terremoti di Roma del 1858 e 1859 la ch. sig. C. Scarpellini sul Campidoglio avvertì onde varie tra loro, cioè N.-S., N.-O. S.-E., E.-O., niuna delle quali è normale alla grande frattura (V. *Corr. Sc.* di Roma. Giugno 1860). Non sappiamo poi se altrimenti si sentissero altrove.

viso corrisponde pienamente colla supposta legge meccanica. Imperocchè l'isola Tiberina e forse anche il Rione Regola non sono altro che cumuli immensi di deposito fluviale entro la vallata ossia fenditura del Tevere, e perciò separati dalla massa delle sponde. Quindi dato che la spinta succussoria avesse avuto uno dei suoi centri più attivi in quel luogo, avrebbe dovuto quel deposito risentirne grandemente con moto verticale, ed in caso di grande violenza per la molta dilatazione dell'apertura, avrebbe potuto patire anche uno sprofondamento. Ma al contrario trattandosi di leggerissime scosse dovea bastare la discontinuità della massa a diminuire immensamente la propagazione del moto. Lo che infatti sembra essere avvenuto.

Che il suolo si movesse ondulando principalmente da S.-O. a N.-E. apparisce anche da ciò che in tutti i luoghi dove furono notate direzioni diverse sia contemporaneamente sia successivamente, la varietà sta sempre nel mescolare altre direzioni colla invariabile e costante per tutti che è il S.-O., N.-E. Così a Castel Gandolfo il S.-N., all'Ariccia l'O.-E., lo stesso a Frascati e Monte Porzio, in moltissimi luoghi poi il N.-O. S.-E., sono sempre stati associati al S.O. N.-E. Vedremo fra poco come queste direzioni diverse dalla generale S.-O. N.-E., siano appunto altrettante linee normali all'andamento delle fratture di ciascun luogo, tranne un solo punto che è Frascati. Quivi il terremoto fu assai forte e minaccioso; ma mentre fu da tutti avvertito, in niun altro luogo ho durato tanta difficoltà a scoprire la direzione delle onde, svariatissimamente apprezzate. Forse la molta intensità della scossa è condizione contraria a ben valutarne la direzione, ovvero da singolari cause locali tuttora ignote risulta siffatta difficoltà. Ma osservo che le indicazioni dei

più si accordarono nell'indicare la scossa come venuta quivi da Roma cioè da N.-O. e taluno mi aggiunse avvenir d'ordinario in questa guisa i terremoti di Frascati. Infatti in questa medesima direzione ne ho io stesso sentito uno in quella città nel settembre del 1867; ed i terremoti del 1855 illustrati dal Ponzi furono appunto quasi in questo senso medesimo estimati dopo diligenti ricerche. Il Ponzi notò la coincidenza fra questa direzione e l'andamento della frattura vulcanica generale della zona ignea italiana, sicchè parrebbe veramente che in Frascati ora e sempre sia stato verificato il caso da me sopra preveduto; l'avvertire cioè il trasporto o fluire della causa del terremoto nella frattura che la comprime come in un canale.

In Marino al contrario è palese essere stata assai esattamente sensibile l'onda scorrente ad angolo retto della frattura locale, che è parte della generale, perchè quivi nella scossa delle ore 5.50 distintamente fu notata succedere alla scossa sussultoria l'ondulatoria in direzione N.-N.-E. a S.-S.-O. In somma non mi sembra dover più insistere su di ciò essendo svolti nella citata relazione dei fenomeni tutti i dati positivi, che confrontati colla generale direzione della grande frattura mostrano l'evidente normalità dell'onda del terremoto colla frattura vulcanica.

Nello stesso modo osservando le indicazioni diverse raccolte negli altri luoghi, è notabile che esse furono avvertite mai sempre sui labbri dei crateri o delle maggiori aperture delle screpolature, nei luoghi cioè che sovra ogni altro potevano appunto apprezzare i fenomeni locali. Così a Rocca di Papa, a Palazzola, a Castel Gandolfo, ai Cappuccini di Albano e di Genzano, a Nemi, la scossa succussoria fu seguita dalla ondulatoria da N.-O. a S.-E. Anche a

Rocca Priora ed a Monte Compatri fu avvertita la medesima direzione nelle scosse ondulatorie. Si volga l'occhio alla topografia; e si vegga come queste onde furono normali appunto alle linee delle fratture varie determinate in quei luoghi.

Le ondulazioni poi successive sempre alla scossa succussoria avvertite dall'E. all'O. ovvero nelle linee approssimativamente simili di O.-N.-O. E.-S.-E. ed O.-S.-O. E.-N.-E., le apprendiamo da tutti i luoghi situati sopra o prossimi a fratture correnti più o meno esattamente dal N. al S. Infatti, essendo tale la fenditura che passando sotto Monte Porzio giunge alle acque Albule presso Tivoli, in entrambe queste località fu sentita l'onda quasi normale di O.-N.-O. ad E.-S.-E. e di O.-S.-O. ad E.-N.-E., e da taluno la schietta normale E.-O. Ad Ariccia e a Galloro si senti esattamente dall'E. all'O.; e a Civita Lavinia dall'O.-N.-O. ad E.-S.-E. Dunque anche in queste onde sismiche contrarie alle prime è palese una legge di normalità verso le linee delle fratture. Quasi non occorrerebbe dipoi avvertire che le piccole differenze dalla precisa normalità fra l'asse generale della frattura e la direzione delle onde, oltre che può provenire da piccolo errore di valutazione, può più ragionevolmente essere attribuita ai frastagliamenti e sinuosità delle fratture medesime, che nei particolari tratti debbono anche deviare dalla direzione dell'asse generale.

Concludo finalmente che non potendo esser casuale la coincidenza fra le fratture e la normalità delle onde sismiche verso le medesime, ne viene per conseguenza che tale normalità rimane stabilita come legge meccanica dell'azione dei terremoti sulle fenditure. Inoltre sembrami pure dal fatto verificato della detta normalità non poco accre-

sciuta la forza delle prove già date per stabilire la endografia vulcanica laziale. Ed in terzo luogo ne discende, che presso e sopra le fratture i terremoti ondulatorii debbono investire la crosta terrestre con un'onda costantemente identica ogni qualvolta si rinnova il fenomeno, o per lo meno il più delle volte.

§ 3. *La legge anzidetta delle fratture verificata nei dati forniti dalle già note descrizioni dei terremoti.*

La legge che ho ricavato dallo studio del terremoto nelle fratture del vulcano laziale, ho formulato più volte colle seguenti parole: *Allo scuotimento di una linea di frattura del suolo consegue la ondulazione normale dei suoi labbri.* Cotale legge meccanica, se è vera, deve verificarsi non soltanto nelle fratture vulcaniche, ma eziandio dovunque nelle montane; nè possono mancarci i mezzi per confrontarla almeno talvolta nei terremoti antichi di qualsivoglia regione. Oltre a ciò ne segue quel che ho detto di sopra, dover il terremoto almeno il più delle volte agire nel medesimo luogo costantemente nella stessa guisa, ossia con onde normali fra loro, seguenti la linea dei medesimi rombi. Cotesto concetto assai bene il Serpieri tradusse nella seguente tesi, da lui proposta allo studio dei sismologi, *la identificazione* cioè *di due o più terremoti che in tempi diversi colpiscono un medesimo luogo* [1]. Il Serpieri, come poscia vedremo al suo posto, fece un tentativo felice d'applicazione di questo assioma ai terremoti che urtarono la

[1] Serpieri. *Sul terremoto del 18 marzo 1875*, pag. 87.

regione di Rimini e lo trovò verissimo. Lo stesso autore pur verissima trovò la mia legge primaria sulle fratture, di cui questa identificazione è un corollario nei terremoti del 12 marzo 1873 e 18 marzo 1875 di che pure ragioneremo. Ma pure, dando un' occhiata all' insieme dei dati raccolti nello studio dei terremoti anteriore a questi nostri recentissimi, osservo che lo Stoppani avea formulato due sentenze assai conformi alla ora enunciata legge. Di esse sentenze la prima si risolve appunto nella identificazione di più terremoti; e la seconda include la legge relativa al modo di agire il terremoto nelle fratture. Imperocchè egli ci dice in primo luogo essersi osservato nelle regioni tormentate di sovente dal terremoto, che questo segue di preferenza una direzione speciale; in secondo luogo ci avverte che i terremoti talora sono paralleli alle catene delle montagne, talora invece le tagliano e l'oltrepassano. L' essere i movimenti sismici paralleli alle catene montuose, equivale a dire che essi sono paralleli alle grandi fratture, il cui asse forma generalmente l' asse centrale dei rilievi del suolo. L' aggiungere poi che talora le onde sismiche tagliano ed oltrepassano le linee dei monti, è evidentemente una osservazione spontanea e non riflessa dell'ondulazione dei labbri della frattura medesima, lo che produce la direzione del terremoto tagliante ed oltrepassante i monti, ossia l' onda normale all' asse della spaccatura del suolo. Ma tutto ciò viene ancora confermato da un altro dato notissimo nella esperienza sismica. In quasi tutte le descrizioni dei terremoti si può trovare che furono notate nel medesimo fenomeno due direzioni diverse e normali fra loro della scossa. Queste due direzioni talvolta vengono ben distinte come successive l'una all'altra; e talvolta fra gli osserva-

tori vi sono quelli che determinano l'onda sismica in un modo, mentre altri la stimano diversa e normale alla designata dai primi. Questo indica che nei terremoti dominano due direzioni fra loro normali; e queste, ripetendosi sempre identiche nel medesimo luogo, dimostrano chiaro che hanno la loro ragione di essere nella struttura del terreno. Ciò posto, il giuoco suddetto della frattura ne diviene una spontanea spiegazione.

Un altro fatto eleva la importanza delle fratture fino a dimostrare esser queste il vero apparato sismico terrestre, ossia il mezzo di propagazione delle scosse. In alcuni luoghi le ondulazioni del suolo dominano per alcun tempo in una direzione e per alcun altro in una diversa. Verificando il fatto sul posto si trova in quella regione o la vicinanza o la convergenza assoluta di due fratture diverse, i cui assi corrispondono alle due direzioni verificate nei diversi periodi sismici. Ciò avviene in modo particolare presso i crateri vulcanici maggiori, perchè in essi convergono i raggi molteplici delle fratture della crosta terrestre. Questo caso l'ho visto assai sovente in Rocca di Papa, che è cratere centrale del sistema vulcanico laziale, in Velletri che ne è uno dei principali crateri secondarii, e sul Vesuvio che è vulcano in piena attività. Questa coincidenza delle direzioni molteplici nei luoghi che hanno pure molteplice l'apparato fratturale, sembrami assai eloquente per determinare che le screpolature del suolo formano il mezzo di comunicazione e di propagazione del terremoto dalle profondità terrestri alla superficie del globo.

E qui voglio aggiungere che non deve intendersi che la direzione costante dei terremoti per ciascun luogo escluda l'apparire i medesimi in altre direzioni. Io credo che la

influenza della direzione della frattura si eserciti solo nei terremoti di qualche intensità, perchè in quel caso la cagione del terremoto agisce immediatamente e prossima, mentre l'onda che giunge da lontano e che fa soltanto vibrare la terra, potrà ritenere la forma sua originaria. Infatti ciò osservai ai 16 di luglio del 1874, quando il sismografo di Frascati indicò una tenuissima scossa nella mattina, antecedentemente al mezzodì, nella direzione N.-S. Questa direzione non è la dominante nei terremoti di Frascati, i quali d'ordinario avvengono tra N.-O. e S.-E., cioè parallelamente e normalmente all' asse della principale frattura vulcanica laziale. È però da avvertire che in quel medesimo giorno alle 7 ant. avveniva a Palermo un terremoto nella direzione appunto di N.-S., e merita pure osservazione che i conati eruttivi dell' Etna contemporanei, e poscia la grande eruzione dell' agosto avvennero, appunto in una frattura del Mongibello dal N. al S. Questo fatto conferma ciò che altra volta ho io accennato, avvenire cioè d'ordinario i terremoti per legge meccanica in direzione parallela o normale all'asse della frattura più prossima al luogo di osservazione; e che le eccezioni a questa regola si verificano soltanto nei piccoli terremoti, i quali sono eco di lontane vibrazioni, subordinate alla medesima legge, provenendo però da fratture orientate diversamente.

Ma una osservazione assai sottile e concludente fu fatta nel 1877 dal ch. prof. Olivieri, dalla quale risultò quasi sensibilmente il giuoco dell' onda normale alla frattura in movimento. Era l'Olivieri in Alatri e già desto nella quiete generale dell'ora mattutina del terremoto. Egli osservò con molta precisione e sicurezza che le onde del terremoto, mentre producevano passando una specie quasi di solle-

vamento, si distinguevano però in due serie di intensità diversa, e ne contò in tutto sedici. Le più gagliarde vennero sempre dall'ovest, ed a ciascuna di esse ne succedeva una più debole dall' est, sicchè ne distinse otto per parte. Questa osservazione trova spiegazione ed insieme avvalora la legge da me rinvenuta sul modo di agire del terremoto nelle fratture del suolo. La legge si riassume nelle più volte ripetute parole, che allo scuotimento longitudinale di una frattura corrisponde e fa seguito la ondulazione trasversale dei suoi labbri. In questo risiede la ragione ovvia delle onde normali fra loro, che generalmente si avvertono nei forti terrèmoti. Imperocchè l'onda principale, seguendo l'asse della frattura, ne produce anche in parte il sollevamento delle due parti laterali; cessato il quale impulso sussultorio ondulatorio secondo l'asse, deve per legge meccanica seguire il ritorno delle dette parti laterali all'antico equilibrio, ed in ciò fare produrre una vibrazione in senso opposto alla prima.

A questa legge e a questo fenomeno si riferisce, a mio credere, l'osservazione dell'Olivieri. Perchè egli essendo in Alatri, trovavasi sul ciglio del labbro orientale della frattura-valle del Sacco, ossia della grande frattura che collega i vulcani laziali con quelli della provincia napoletana. Il terremoto, come già fu constatato, proveniva da sud; e la sua corrente, secondo la legge suddetta, dovè avanzarsi scuotendo e sollevando le due parti laterali della frattura. Quindi i paesi situati all' est doveano sentire gli impulsi sussultorio-ondulatorii e gagliardi, come provenienti dall'ovest; mentre nei paesi situati all' altra sponda doveano sentirsi provenire dall'est. Da questo fatto adunque certificato dall'Olivieri, si è reso sensibile il caso preveduto dalla

teoria dello scuotimento trasversale della frattura. Allo stesso tempo poi ne sorge un nuovo postulato ovvero dato da ricercarsi nelle osservazioni sismiche, il determinare cioè da qual parte si avvertono le onde del terremoto urtare con maggiore violenza. Al quale nuovo postulato sarà poi da applicare uno speciale istrumento, che non mancherà di essere immaginato dall'operosità dei molti odierni sismologi italiani.

La natura riassuntiva del mio lavoro mi consiglia a non svolgere una serie di esempli che potrei ricavare dalle descrizioni antiche dei terremoti, dimostranti il descritto giuoco delle fratture producenti le due onde localmente costanti e normali fra loro. Sarà più nuovo ed interessante il verificare cotesta nuova legge prima nelle lesioni degli antichi monumenti e poscia nelle analisi sismiche fatte da noi nel quinquennio ultimo decorso.

CAPO III.

VERIFICA DELLO STUDIO PREDETTO NELLE LESIONI TUTTORA VISIBILI DEGLI ANTICHI MONUMENTI.

La legge di geologia dinamica risultante dagli studii esposti nel precedente capitolo, io volli confrontare in Roma con i guasti o storicamente conosciuti o tuttora visibili nei numerosi monumenti della nostra eterna città. La determinazione topografica degli assi delle fratture connesse col vulcano laziale o da esso diramanti, mi porge in Roma nella valle dell'Almone ed in quella del Tevere due porzioni della grande frattura generatrice la serie dei vulcani del versante mediterraneo italiano. Oltre a ciò si ricordi che nella regione del foro romano la frattura ho dimostrato assumere tutti i caratteri di un centro di manifestazione delle interne latenti forze. Quindi un esame storico topografico dei danni sofferti dai monumenti romani situati sulle due sponde della fenditura del suolo, potea fornirmi una controprova palpabile della legge sismica meccanica da me intraveduta.

A tale ricerca io veniva incoraggiato dalla cognizione storica dell'essere stata Roma un centro attivissimo di tremende convulsioni sismiche, tanto che perfino una leggenda ha attribuito a S. Benedetto la profezia che Roma sarebbe caduta piuttosto per le violenti forze della natura, di quello

che per la mano degli invasori o del tempo. Le stesse epigrafi monumentali ricordanti i restauri fatti nell'anfiteatro Flavio testificano a quali tremende sismiche scosse fu soggetto il nostro suolo romano nei secoli VI e IX dell'êra nostra.

Non volendo dilungarmi in una rassegna quantunque riuscirebbe importante e nuova di monumentali memorie dei terremoti romani, sembrami più confacente allo scopo nostro il ricordare in generale che i più celebri terremoti di Roma cagionarono i loro maggiori danni sempre nelle medesime regioni e nei medesimi edifici. Nelle vicinanze del foro patì sempre molto l'anfiteatro Flavio, e gli edifici del foro stesso e la torre dei Conti. Sommamente poi e più volte furono quasi demolite le basiliche Ostiense e Lateranense.

Basta cotesta indicazione degli edificii rimasti celebri nella storia dei terremoti romani per vedere che i danni in Roma avvennero più gravi in ragione della loro vicinanza alle colline che fanno sponda alla valle tiberina; e lungo queste due linee patirono maggiormente gli edifici situati più presso il foro romano. Esaminando sulle rovine tuttora esistenti le impronte dei guasti loro toccati, noi possiamo facilmente avvederci, che questi si trovano in relazione con azioni meccaniche, le quali hanno agito normalmente o parallelamente all'asse della indicata frattura romana. Prima di verificare ciò nei monumenti tuttora visibili, piacemi riferire l'analisi della rovina di una chiesa cristiana da niuna storica memoria ricordata fra i danni dei terremoti; analisi da me istituita nell'atto che per la prima volta essa veniva dissotterrata. In questo esame ebbi la prima verifica della legge suddetta fra le rovine sorprese dopo tanti secoli nello stato ancora del loro primo franamento. Così an-

che ogni dì più si accrescono i vincoli di tutte le scienze fra loro; e quelli oramai divenuti grandissimi fra la geologia, l'archeologia e la storia acquistano un nuovo ed inaspettato anello di congiunzione reciprocamente attiva nella sismologia. Adunque la suburbana basilica di S. Petronilla, Nereo ed Achilleo trovasi presso la via Ardeatina in un tenimento oggi appellato di Tor Marancia a due miglia dalla città. Essa fu costruita verso la fine del IV secolo al piano delle tombe dei santi, cioè al livello del secondo piano dal sotterraneo cimitero, del quale furono perciò demolite alcune gallerie. L'edificio fu così alla profondità di dodici metri costruito sotterra. Dalle notizie istoriche di questo monumento apprendiamo che fu rinnovato o molto ristaurato dal pontefice Giovanni I nel secolo VI fra gli anni 523 e 526. Dell'ultimo periodo e della rovina di questo edificio non abbiamo notizie positive. Veggasi il bullettino di archeologia cristiana del mio fratello Gio. Battista a. 1874, fasc. I.

Lo scavo fatto nel 1874 restituì il monumento diruto nella parte che emergeva sopra terra, ed atterrato in tutta l'interna ossatura, cioè nelle colonne, negli archi, nelle vôlte. Apparve però conservato in tutta la parte addossata alla viva roccia ossia nei muri formanti l'abside ed il perimetro del tempio. Era ripieno del proprio detrito ed affatto privo d'ogni decorazione essendo mancante perfino del pavimento. Qui giova notare, che il lastricato del suolo è d'ordinario la sola parte degli antichi monumenti che si trova meno guasta dalle rovine e dalla mano rapace dei cercatori di antichità. Parrebbe adunque quivi la devastazione essere stata più completa che negli altri monumenti. Ma mentre mancano il lastricato e le decorazioni dell'aula, vi si trovano invece tutti i marmi facenti parte della ossatura

dell'edificio, cioè le colonne, i capitelli e le basi; le prime rovesciate e queste ultime infisse a' loro posti. Il modo della giacitura e della conservazione di questi marmi sul luogo ci dà la certezza che i moderni devastatori non depredarono il monumento. Perchè analizzato ogni minuto particolare, si è potuto toccare con mano che tutto era al luogo, òve si posò crollando. Si è veduto inoltre che l'edificio intiero rovinò in un sol colpo e non lentamente o gradatamente per parti. Nè finalmente un qualsivoglia minimo letto di macerie e terre si trovò sotto le rovesciate colonne; lo che è prova insieme che ruinò mentre era l'edificio tuttora coperto e che i moderni escavatori non aveano punto spostato o rimescolato quelle rovine. E ciò apparisce evidente anche dall'aver trovato perfino le pareti interne delle fratture delle colonne intatte e lucenti senza che la terra avesse potuto penetrarvi entro. Tanto erano rimasti immoti i cumuli di macerie, che le custodivano. Esaminando poi la giacitura delle colonne rovesciate si veggono tutte cadute in linee perfettamente parallele dirette incirca da S.-O. a N.-E. Oltre a ciò tutte hanno scorso egualmente sulla base prima di precipitare. E finalmente le lesioni nelle pareti dell'edificio dimostrano che esso fu forzato ad aprirsi fra S.-O. e N.-E.

Cotesta forma di lesioni sembrami strana e fuori di luogo in una fabbrica sotterranea. La quale essendo circondata dalla roccia e dalla terra, se avesse sofferto per il peso della copertura ovvero per la soverchia spinta delle terre medesime, dovrebbe mostrare nei muri di cinta qualche rigonfiamento ovvero lesioni orizzontali, di che non v'ha traccia veruna. Gli spostamenti dei muri in un edificio sotterraneo possono avvenire soltanto verso l'interno, non già

verso l'esterno; e le fenditure verticali per movimenti delle pareti verso l'esterno sono proprie degli edifici elevati sopra terra. Se la nostra basilica fu forzata ad aprirsi come un edificio eretto sopra terra, necessariamente dovette con esso aprirsi il suolo circostante; e ciò non potè avvenire se non per terremoto. Il quale nella sua prima fase violenta e sussultoria fece saltare le colonne e scorrere sulle basi, rovesciandole poscia ed aprendo l'edificio col successivo e conseguente moto ondulatorio di S.-O. N.-E.

Ebbi allora la fortuna di sottomettere queste mie osservazioni all'illustre prof. Stoppani ed ai noti relatori del terremoto Veneto del 1873, i dotti prof. G. Pirona e prof. T. Taramelli, che trovavansi in Roma. Costoro videro lo scavo; e concordemente vi riconobbero le traccie del fenomeno, poco prima riscontrate similmente da loro stessi nelle tristi rovine del Bellunese.

Siffatta conclusione già abbastanza manifesta dalla analizzata disposizione delle rovine, viene anche confermata dalla qualità della orientazione delle medesime e dalla analisi degli antichi ristauri.

L'esperienza mi ha dimostrato, che le due direzioni dominanti nei terremoti romani sono mai sempre le due normali fra loro di N.-O. S.-E. e di S.-O. N.-E.: la parallela cioè e la normale della grande frattura vulcanica dell'Italia media e meridionale e che è insieme l'asse in Roma delle vallate del Tevere e dell'Almone. Coincide adunque questa linea fisica dei terremoti romani colla linea, secondo la quale rovinò la basilica di S. Petronilla. Cresce poi l'argomento dedotto da tale coincidenza, osservando che i ristauri anteriori all'ultima rovina furono fatti negli anni 523-526, dopo cioè i grandi terremoti del secolo V e degli inizii del VI,

e precisamente per danni avvenuti al tempio nella linea di S.-O. N.-E., cioè identici a quelli, che dipoi cagionarono la completa distruzione. L'abside era stata in parte ricostruita per una fenditura avvenuta nel mezzo, corrispondendo ai danni e ristauri, che veggonsi nell'ingresso, cui fu ristretta la luce col sostegno di due nuovi pilastri.

Da ultimo, come sopra ho accennato, merita considerazione il fatto, che niuno strato di terra nè di macerie si frapponeva fra il piano della chiesa e le colonne cadute. Ciò dimostra a mio credere, che l'edificio crollò tutto in un colpo quando era tuttora coperto e non in stato rovinoso e cadente. Imperocchè trovandosi esso collocato sotterra, se fosse stato scoperto anche per poco, inevitabilmente le terre, le rovine, le acque avrebbero incominciato l'opera loro stratificando il detrito.

Venendo ora all'applicazione storica del fatto analizzato, osservo che la distribuzione geometrica delle rovine dimostra non essere state queste toccate dai devastatori, i quali non penetrarono a tanta profondità. Non furono essi adunque che tolsero il pavimento, come non toccarono le colonne. Cadde per conseguenza la basilica dopo che era stata tutta spogliata dei suoi marmi asportabili.

Al punto di vista fisico poi questa scoperta è feconda di parecchi insegnamenti; perchè ci dà a divedere dall'effetto la forza del terremoto, che cagionò quella rovina. Inoltre ci dimostra una volta di più la costanza della direzione S.-O. N.-E. delle onde sismiche romane, confermando la legge da me stabilita della oscillazione costante dei labbri delle fratture terrestri. E qui dovrei finalmente intraprendere una nuova analisi per determinare quale dei terremoti storicamente conosciuti potè essere causa della caduta del sot-

terraneo edificio. Ma questo esame sembrami inseparabile dalla discussione dello stesso quesito per gli altri monumenti romani; e perciò stimo opportuno non risolverlo in proposito di un caso isolato. Noterò soltanto ciò che si raccoglie da quanto ho ragionato in questo articolo. I terremoti del secolo V danneggiarono ma non rovinarono l'edificio, che fu ristaurato intorno il 526. Era esso certamente in piedi allorchè fu regolarmente spogliato anche del suo lastrico; cioè non prima del secolo in circa nono, avendo continuato le visite e il culto del monumento almeno sino al secolo VIII. Dunque fra i terremoti posteriori a quella data cercheremo quello che rovinò la sotterranea basilica testè discoperta presso l'Ardeatina. Fra questi terremoti, se dovessi pur indicarne uno, che con qualche fondamento si possa congetturare essere stato la causa di quella rovina, additerei l'avvenuto alla fine del secolo IX, all'anno cioè 897. Questo terremoto danneggiò molto la città di Roma; ma il luogo e l'edificio che sopra ogni altro patì fu la basilica Lateranense. Fu dunque in quel punto spiegata la massima forza del fenomeno. Considerando la relazione topografica della basilica Lateranense verso la frattura vulcanica e l'asse della valle del Tevere e dell'Almone, come sopra ho fatto per la basilica di Petronilla, veggo che esso si trova sull'opposta sponda o labbro della frattura e valle in modo che tirando una linea fra il Laterano e Tor Marancia, questa linea incrocia ad angolo retto l'asse della valle. Corrisponde cioè esattamente verso la frattura al medesimo punto, essendo perfino i due edifici similmente orientati, ossia paralleli fra loro. Se dunque il terremoto dell'897 mostrò la sua massima forza nella sponda destra a S. Giovanni in Laterano, dove necessariamente corrispon-

dergli nella sponda sinistra la regione di Tor Marancia, ossia il luogo dove era la basilica di Petronilla.

L'analisi ora fatta ci ha di per sè condotti a vedere la ragione per la quale la basilica Lateranense in Roma è stata soggetta ai guasti sismici più di altri edificii. In essa infatti e nei circostanti ruderi antichi esaminando le forme delle lesioni avvenute, egli è evidente che gli urti sismici agitarono quel tratto di suolo normalmente all'asse della valle frattura dell'Almone.

Scendendo nella medesima linea verso il Foro Romano incontrasi l'anfiteatro Flavio tanto celebrato per i danni che ha sofferto dai terremoti. Riguardando le sue rovine, tosto si vede che il crollo storico due volte successive avvenuto della parte riguardante la valle del Tevere, fu accompagnato dall'aprirsi le chiavi degli archi normali all'asse della valle suddetta; cosicchè il masso formante quella chiave discese alquanto senza poter tornare al proprio luogo allorchè cessò il cedimento del suolo. Questa osservazione della discesa della chiave dell'arco è capitale nel nostro esame; e la sua importanza sismica è stata da me verificata in un fatto avvenuto in Sora, durante il terremoto del 13 luglio 1873. Ivi, allorchè avvenne il detto terremoto alle 7 ore ant., un muratore avendo terminato un arco di muro era sul punto di compirlo e stringerlo collocandovi il cuneo centrale. Il terremoto fece traballare l'artista, il quale, per salvarsi dal pericolo di precipitare dal ponte, si lasciò uscir di mano il suddetto cuneo; e questo cadendo trovò l'arco che aprivasi alquanto per il terremoto; sicchè dovette posarsi più in basso del luogo assegnatogli. Intanto però, cessando il movimento, tutto tornava al suo posto; e quel cuneo rimase talmente stretto nella falsa posizione

presa, da riuscire impossibile il sollevarlo. Fu necessario tagliarlo a colpi di scalpello nella sua faccia inferiore soverchiamente discesa.

Considerando questo fatto di Sora e ciò che vediamo nei ruderi antichi, è facile persuadersi che il solo terremoto facendo piegare col suolo i piedritti degli archi, può obbligare il masso centrale della chiave d'un arco a discendere ed incunearsi più in basso, senza poter tornare al suo posto. Ora nei monumenti tutti io osservo esser ciò avvenuto soltanto o almeno di preferenza in quelli che hanno gli archi orientati normalmente all'asse della frattura. Ho già detto d'aver verificato ciò nel Colosseo; ora aggiungo che ivi medesimo ne esiste la controprova; imperocchè la forma ellittica del monumento e la sua architettura tutta ad archi ce ne mostra oltre i predetti un grande numero paralleli o leggermente inclinati verso l'asse della frattura. In questi non si discerne spostamento veruno nelle chiavi degli archi, lo che così deve essere, se i primi apprironsi in causa del divaricare i piedritti seguendo l'inclinazione del suolo; mentre quel fenomeno non toccava i secondi orientati nel verso opposto. Fatta la rassegna dei monumenti romani sotto questo punto di vista, io trovo, senza più dilungarmi in enumerazioni, che gli archi orientati come quelli del Colosseo che sono aperti hanno subito la stessa sorte; e quelli invece che trovansi collocati come quelli i quali hanno resistito nell'anfiteatro Flavio, hanno anche essi sostenuto la spinta senza cedere menomamente. La legge sismico-meccanica delle fratture adunque in Roma rimane stabilita non solo dalle odierne osservazioni, ma eziandio dalla testimonianza che ne fanno i ruderi monumentali, nei quali ravvisiamo, secondo l' idea del Serpieri, la identificazione di più terre-

moti diversi nella cronologia, simili nella forma della loro azione.

Anche fuori di Roma ho più volte osservato nei monumenti la conferma evidente di quanto ho detto fin qui. Ma per non dilungarmi ne arreco un solo luminoso esempio. In Rimini esistono due celebri monumenti romani vicendevolmente normali, ma fra loro discosti circa un chilometro. L'uno è la porta della città detta l'Arco di Augusto; l'altro è il ponte di Tiberio sul fiume Marecchia. Il ponte è parallelo al lido marino; l'arco fa angolo retto col medesimo. Dagli studii del Serpieri risulta che le onde dei frequenti e notissimi terremoti Riminesi si succedono parallele al lido. Quindi, secondo la nostra legge, l'arco di Augusto sarebbe soggetto a soffrirne; mentre gli archi del ponte ne dovrebbero andare illesi. Ciò appunto è di fatto avvenuto: io ho osservato che la chiave dell'Arco di Augusto è discesa come negli archi del Colosseo; e viceversa intattissimi sono gli archi del ponte di Tiberio.

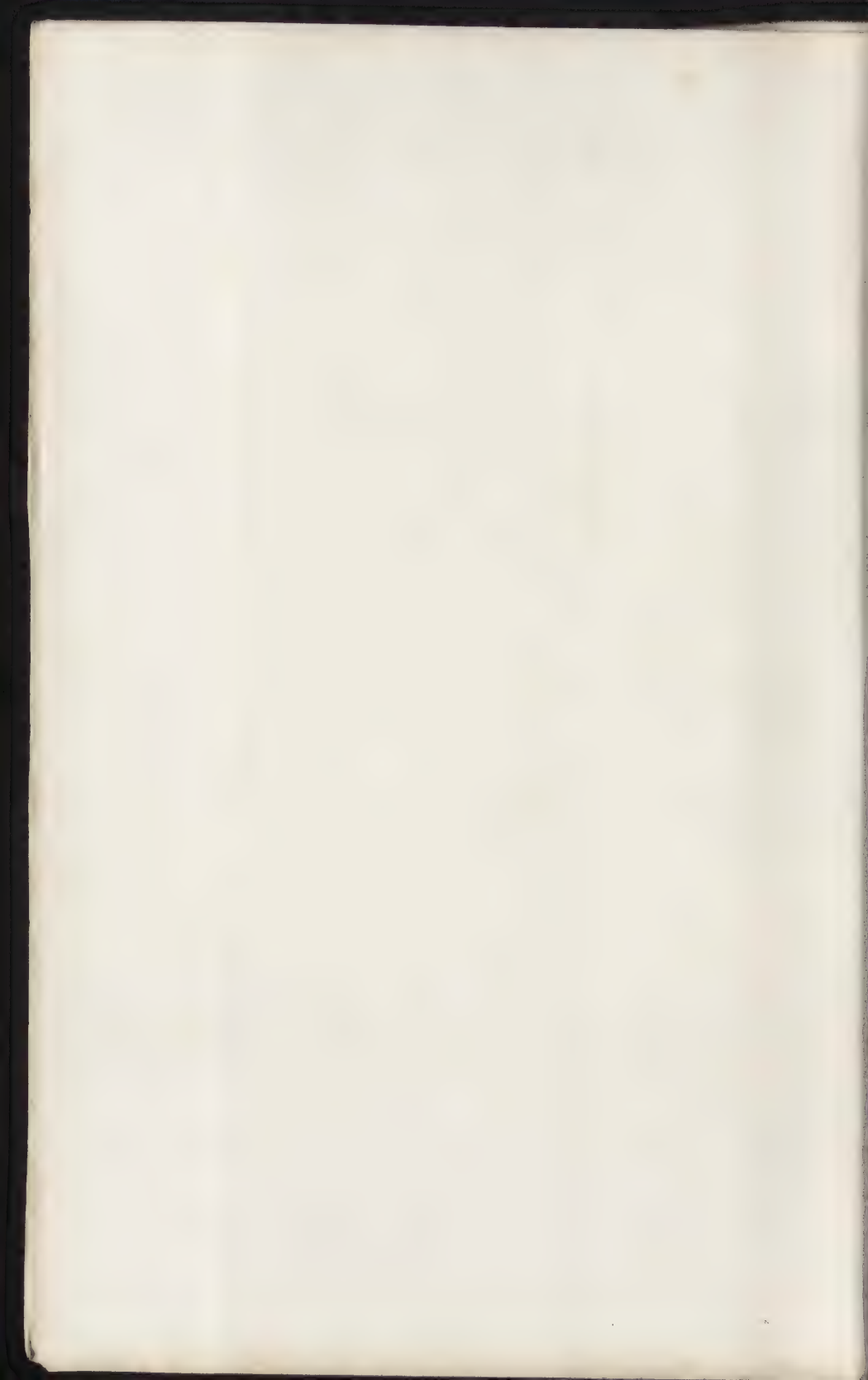
Un'ultima conferma ricavata dagli antichi monumenti ce la fornisce uno studio speciale da me fatto sulle rovine di Pompei, le quali conservano le tracce non solo della catastrofe celeberrima del 79, ma eziandio del grande terremoto che quasi la distrusse sedici anni prima, cioè nel 63 dell'êra nostra. A tal fine ho analizzato il passo di Seneca, in cui questi descrive i fatti materiali di quel terremoto in tutta la regione Campana, dalla quale descrizione, interpretata e trasformata in dati scientifici, ho determinato che quel terremoto ebbe per radiante principale una frattura geologicamente nota della contrada Vesuviana e diretta dal Nord al Sud. Esaminate infatti le rovine Pompeiane, se ne deve concludere che quella città subì le onde sismiche

10 Centimetr

Bassorilievo rinvenuto in Pompei rapprese

nell'atto di cadere per il terremoto dell

Milano, Lit. D.º Bellazzi.

ante la Città ed il Tempio del Foro
nno 63 dell' era volgare

rovinose dall'Est all'Ovest, lo che corrisponde esattamente colla legge sopra accennata. Ciò poi che ha coronato la verità e la certezza della interpretazione fisico-monumentale da me rinvenuta, è stato l'aver io stesso incontrato in Pompei, nelle parti di recente escavazione, un'ara votiva domestica dedicata agli Dei penati precisamente in memoria del terremoto del 63, perchè in connessione coi restauri fatti in seguito a quel disastro. Sopra quest'ara vi è un bassorilievo rappresentante Pompei ed in particolare il tempio centrale del foro che cade per il terremoto. Tale caduta è rappresentata secondo il rigore della verità, cioè come rovinante dall'Est all'Ovest, e secondo anche le tracce che oggidì tuttora si veggono sulle lesioni nelle rovine del tempio stesso. Di questo prezioso e curioso monumento sismico-archeologico, ne ho potuto qui unire un disegno che gentilmente mi è stato permesso di fare dalla direzione governativa degli scavi.

CAPO IV.

PRECETTI ARCHITETTONICI DERIVANTI DALL'ESPOSTO STUDIO DEL TERREMOTO NELLE FRATTURE GEOLOGICHE DEL SUOLO.

Il seguito del presente lavoro moltiplicherà le prove della legge relativa alle onde sismiche nelle fratture, da me stabilita; ma fin qui essendo stata abbastanza provata e sopratutto avendola vista verificata nei danni positivi e negativi riconosciuti negli antichi edificii, è giusto il luogo nel quale si debbono dedurre dagli esempi i precetti architettonici da insinuare agli ingegneri che costruiscono edifizii in luoghi soggetti alle commozioni telluriche. Con tali precetti la scienza degli architetti avrà almeno qualche cosa da opporre al suo nemico il terremoto, secondo che il Passeri lo definì chiamandolo il colpo di riserva dell'ira celeste contro l'architettura [1].

Prima che si conoscesse la legge ora scoperta, parecchi fra i descrittori ed indagatori di terremoti hanno raccomandato o tentato precetti architettonici; ma essendo loro mancata la base della cognizione meccanica del terremoto, i detti precetti non poterono riuscire altro che vaghi ed incerti. Dopo i miei riferiti studii sulle fratture e le con-

[1] CANCELLIERI. *Mercato*, pag. 161.

ferme ai medesimi rinvenute dal Serpieri, questi volle toccare l'importante problema dei conseguenti precetti architettonici. Ciò egli fece in ambedue le sue importanti analisi dei due terremoti caratteristici del marzo 1873 e marzo 1875. Nel primo di questi lavori egli scrisse: « La nuova legge « dinamica è feconda di un' utile, inaspettata applicazione. « Se presso e sopra le fratture vulcaniche i maggiori ter« remoti ondulatorii seguono costantemente una direzione « identica, chiaramente si deduce che gli edifizii o almeno « quelle parti dei medesimi che per l' ampiezza loro o per « altre ragioni meccaniche sono più facilmente in pericolo « di gravi danni o di rovine, voglion essere orientati e di« sposti piuttosto in un modo che in un altro. Nè giova il« ludersi pensando che di rado, o come per caso, o con « debole forza, il nemico sotterraneo verrà a squassare « con moto convulso le muraglie e i larghi superbi volti, « sotto i quali un immenso popolo spesso si accoglie. Il « nemico sotterraneo certamente viene ed è implacabile, « tremendo: perchè?.... perchè ripete i suoi colpi lontani, « secolari sempre in un verso. È questo il segreto (che « ormai la scienza ha decifrato) del lento, irresistibile la« voro di distruzione che si compie negli edifizii sotto gli « occhi delle generazioni che passano.

« Persino la grande facciata del magnifico palazzo dei « Duchi di Urbino, da molti anni è uscita di piombo pie« gando appunto nel verso in cui sogliono battere i terre« moti: e l' ultimo del 12 marzo, che ha spinto e battuto « come gli antichi e come i futuri spingeranno e batteranno, « la trasse vieppiù fuori dalla verticale. Dio non faccia — « e gli uomini si aiutino con l'opera loro — che un giorno « s'abbia a dire: Qui fu un tempio dell' arte, un grande e « caro monumento della storia.

« La meteorologia, che per buona fortuna è oggi larga-
« mente coltivata in Italia, addita all' ingegnere per che
« verso vengono le scosse. Dai dati meteorologici apprenda
« egli dunque come deve orientare le sue costruzioni, e
« badi sopratutto che i grandi volti ricevano le scosse nel
« senso dei loro assi, e non di fianco contro i piedritti,
« perchè al dondolare dei sostegni le volte si fendono e per
« nuovi colpi si sciolgono e cadono. Così appunto, per ad-
« durre un esempio, è accaduto a Fabriano, secondo che
« mi scrisse il prof. Morbelli, della volta di un vasto tempio
« (S. Caterina), la quale il 12 marzo si ebbe le scosse per-
« pendicolarmente al proprio asse, e rimase al tutto scom-
« paginata e pericolante. Invece i grandi volti delle chiese
« di Urbino son tutti presso che intatti, perchè, cred' io,
« hanno i loro assi nel senso per cui vennero quella sera
« e sempre le maggiori scosse. »

Approvando io queste importanti deduzioni dal Serpieri ricavate dalla mia legge, mi permisi di modificarle leggermente, acciò più strettamente si connettessero alla legge da me stabilita ed ai fatti sperimentali verificati nei monumenti. Quindi io dissi [1] che giusta sarebbe la regola data se costantemente una sola fosse l' onda dei terremoti; ma esso stesso, analogamente alle mie osservazioni, ha dimostrato che le onde possono esser due e normali fra loro. La prima cioè parallela all' asse della frattura e che si confonde con la parte sussultoria del fenomeno; la seconda poi normale alla prima, cioè l'oscillazione trasversale dei labbri della screpolatura tornanti all'equilibrio. Se i piedritti

[1] V. *Atti della P. Accademia dei Nuovi Lincei*. Sess. IV, 22 marzo 1874.

delle volte sono orientati, come dice il Serpieri, normalmente all'asse della frattura, potranno certamente sottrarsi all'azione più terribile dell'onda trasversale; ma rimarranno soggetti allo spostamento che gli cagionerà la prima onda, ossia la parallela all'asse della frattura. A me pare che il precetto architettonico dovrà formolarsi in altro senso; e dovranno gli edifizii, nei luoghi soggetti ai terremoti per lunga esperienza, presentare all' urto di qualsivoglia delle due onde normali del terremoto, una delle diagonali del fabbricato. L' onda sismica, qualunque essa sia, la prima cioè o la seconda sua normale, passerà allora sotto l'edificio sostenendone essa stessa i muri opposti in angolo retto al suo passaggio. E non è soltanto teoretica questa mia proposta di legge architettonica, essendo eziandio confermata dalle osservazioni sui monumenti. Infatti in questo senso appunto io trovo che questa legge era balenata ad uno dei vecchi autori, che sopra ho detto aver dato vaghi ed incerti precetti architettonici contro il terremoto. Anzi questi, lo Squario, è quegli che forse quasi non merita di essere parificato agli altri, perchè scrisse appositamente sui precetti architettonici, e per quanto potè con la poca chiarezza delle nozioni geologiche si avvicinò al vero. Lo scritto dello Squario fu pubblicato in Venezia nel 1756, in seguito al grande terremoto di Lisbona, col titolo: *Specimen physico-geometricum de terraemotu ad architecturae utilitatem concinnatum.* Questi adunque esprime così il suo precetto fondamentale: « *Aedificia tali norma condantur,* « *ut aliquis eorum angulus ad locum vulcani aut propinqui* « *averni semper obvertatur* ». Ognuno vede come ciò equivalga alla formola più scientifica, che domanda una diagonale del fabbricato sia collocata normalmente all' asse

della frattura geologica. Cotesta frattura rappresenta il *locus vulcani*, o meglio il *propinquus avernus*.

Anche il Serpieri nella sua seconda analisi accettò la mia piccola modificazione; e la espresse felicissimamente dicendo, *che la diagonale delle fabbriche deve trovarsi nella linea di propagazione dei moti.*

Il medesimo valente autore, convenendo in ciò col Bombicci e col Favaro, consiglia di richiamare in vigore l'altra precauzione usata dagli antichi, di creare cioè vuoti sotto le fabbriche; i quali, egli dice, che preferirebbe di molto fossero fatti all'esterno degli edifici e profondi al disotto del piano dei fondamenti [1].

Intorno a questo punto confesso di non aver avuto opportunità finora di occuparmi; perciò dico francamente che non sono in grado di formolare il mio giudizio. Ma voglio pure far conoscere un dato favorevole alla suddetta sentenza del Serpieri e del Bombicci, che sembrami risultare dagli odierni studii italiani della sismologia. Il De Andreis di Civitavecchia richiamò la mia attenzione sopra il seguente fatto da lui osservato sui sismografi: fatto che ho poi verificato coll'esperienza essere certissimo. Questi osservò che i pendoli sismografici sono più o meno sensibili secondo che il fulcro loro è connesso col suolo e col muro con più o meno ampia legatura. Perciò egli vide riuscire poco sensibili i pendoli che pendono da un semplice chiodo poco profondamente infisso, e risultare poi sensibilissimi i pendoli che discendono da lastre marmoree inserite nei muri. Ciò sembrami tornare nella regola generale, che aumentando i contatti cresce la sensibilità verso le onde del moto,

[1] SERPIERI. *Il terremoto, sue leggi, teoria e predizioni,* pag. 85, 86.

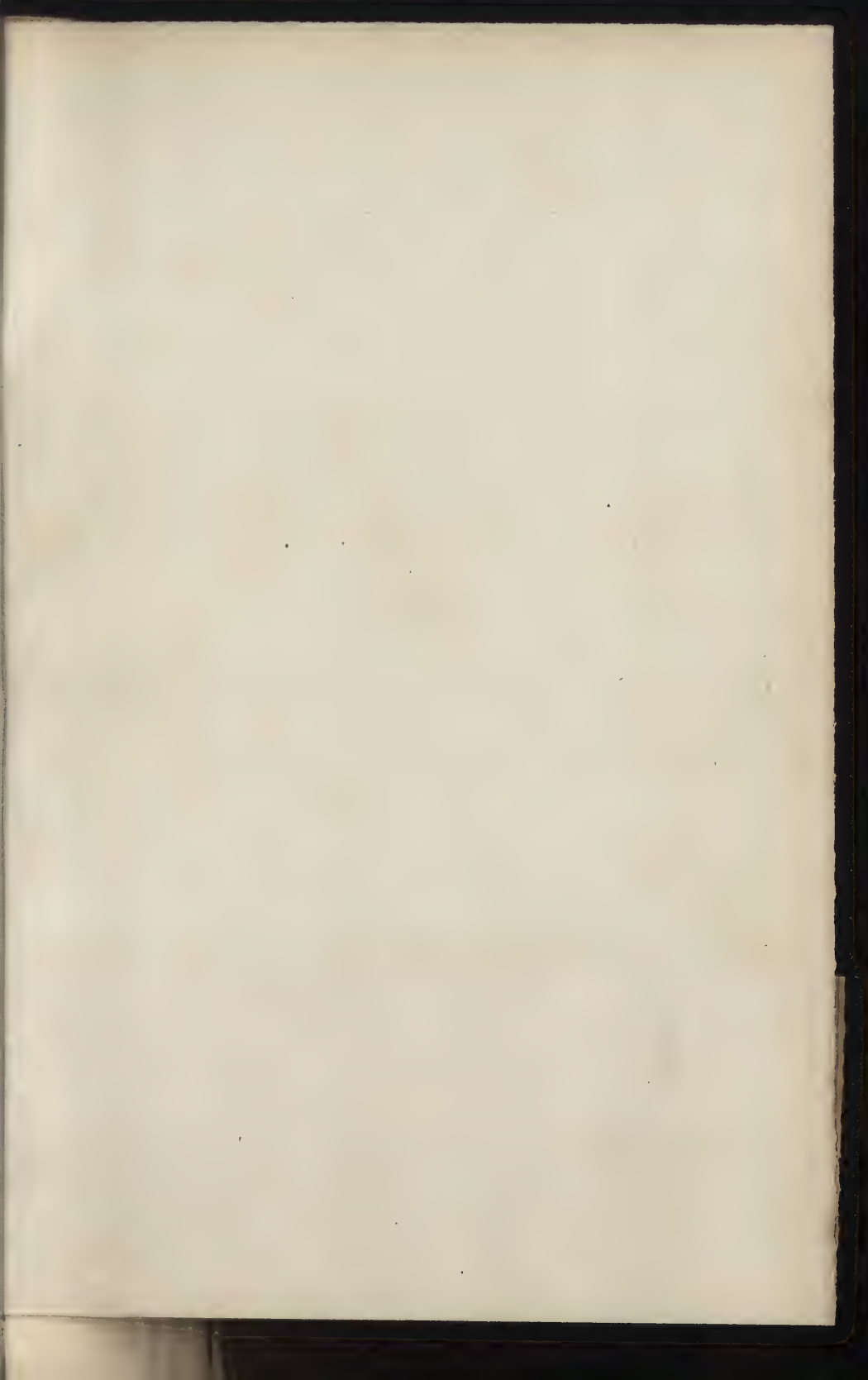
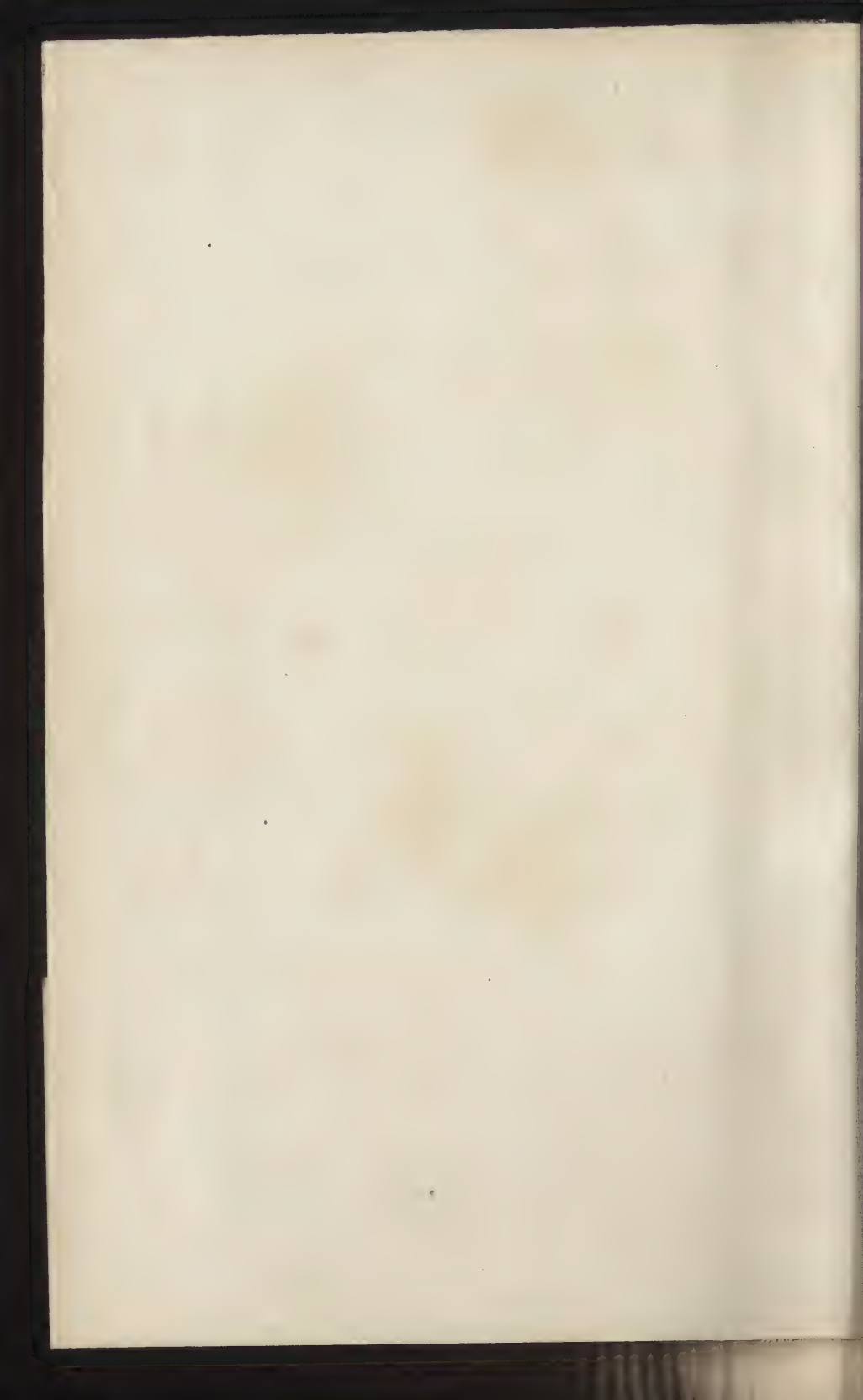
diminuendo i medesimi per mezzo dei vuoti si interrompe il veicolo delle onde medesime.

Osservo pure nell'istesso senso, che molti luoghi sono esenti dal terremoto, perchè circondati dalle fratture geologiche del suolo: ed in egual maniera potrebbe stimarsi che i monti vulcanici presso i crateri sono perciò forse meno soggetti a grandi terremoti; mentre sono invece assai sottoposti ai piccoli e continui tremiti. L'imbuto crateriforme è in sostanza un grande pozzo naturale, nel quale possono dilatarsi i vapori. Ma torno a ripetere esser questa una materia sulla quale occorrono nuovi studii; ed i dati ora accennati indicano, a mio credere, soltanto che cotesta indagine potrebbe forse riuscire utilissima e confermare un'altra volta la verità e la sapienza delle antiche tradizioni.

CAPO V.

SAGGIO D'ANALISI E DI CARTA SISMICA NEL TERREMOTO DEL 12 MARZO 1873.

Lo scopo del presente lavoro non è solo diretto a classificare ed esaminare i fenomeni endogeni svelando in ciascuno di essi la forma meteorologica delle manifestazioni, ma eziandio ha in mira di fornire a chi voglia dedicarsi a questo studio gl'insegnamenti opportuni per addentrarsi nell'osservazione de' fenomeni predetti. Perciò nell'esporre i risultati degli odierni studii io debbo anche svolgere il metodo delle ricerche medesime, onde fornire esempi opportuni da imitare. Per quel che riguarda l'analizzare un terremoto isolatamente considerato, il Serpieri ha raggiunto (se si può dire così delle umane cose) la vera perfezione del metodo. Del quale fece egli ottima prova nel terremoto del 12 marzo 1873. Avremmo qui una vera lacuna, se di quella analisi modello non dessi un particolareggiato ragguaglio. Assegnato adunque al Serpieri il primo posto in questo ordine di ricerche sul terremoto isolato, aggiungerò poi nei seguenti capitoli la prima prova di ripetizione da me fattane nella triplice analisi di tre altri maggiori terremoti del 1874; e finalmente ragioneremo delle forme diverse, che presenta il terremoto nel manifestarsi e nel la-

Lit. D.Bellazzi Milano

sciare traccia del suo passaggio nei sismografi. Così avrò esposto tutto quello che deve essere soggetto di ricerca nell'interpretare e fissare i dati da prendere a volo nel fuggevolissimo ed insieme terribile fenomeno.

L'analisi istituita dall'illustre P. Alessandro Serpieri di Urbino sul terremoto del 12 marzo 1873 fu maestrevolmente riassunta dal ch. signor capitano Luigi Gatta, il quale vi aggiunse una carta sismica, che seppe egli ricavare dalle osservazioni del Serpieri. Così fu tradotta in sistema grafico una parte importante di quell'analisi, lo che anche noi non faremo certo mancare al nostro lettore. Anzi io credo far cosa grata al lettore stesso ed al Serpieri e quasi doverosa verso il Gatta, volendo riassumere cotesto lavoro, cedere a lui qui la parola, soltanto omettendo qualche breve passo, che si riferisce a punti degli scritti del Serpieri, dei quali noi ragioniamo altrove in questa opera.

« Sono circa le 9 di sera del giorno 12 marzo; un rombo si sente romoreggiare non sotterra, ma piuttosto per l'aria. Quest'urlo precursore fu sentito in qualche luogo anche dall'interno delle case, ma meglio e più forte fu avvertito nella campagna... Che cosa è che lo produce? di dove viene? di sotterra od è nell'aria? A ciò il dotto P. Serpieri non risponde; e pensa che fosse nell'aria libera... Possiamo ammettere quale assioma, che il rombo, quando rombo v'è, è solito preannunciare l'arrivo imminente di un terremoto e talvolta si sente anche quando ha fatta la sua strage. »

« Questo rumore non era ancora cessato, che ad un tratto, appena battute le 9 di sera, una forte scossa smuoveva tutta quanta l'Italia da Cosenza a Belluno. Dove nacque quel terremoto? Come si estese? Ecco i quesiti a cui egregiamente rispose il chiarissimo P. Serpieri nel suo rapporto

e nella sua lezione popolare; e con queste erudite pubblicazioni egli già sollevò un lembo di quel denso velo, che ha fin qui ad ogni mente umana tenute nascoste le leggi che regolano i moti sismici di questo globo. L'egregio professore ha unito in un sol quadro tutti gli elementi ben accertati e corretti, che furono il risultato di riduzioni e di attenta disamina dei dati da lui personalmente raccolti, o dalle pubblicazioni periodiche, o dalla lunga e faticosa corrispondenza che egli ha a questo proposito tenuta; e nel detto quadro, che togliamo dalla sua sapiente quanto piacevole relazione sul detto terremoto pubblicata nella sua lezione popolare, che ha intitolata: *Il terremoto e le sue leggi*, le varie stazioni sono disposte per ordine di latitudine crescente. Crediamo cosa opportuna riportarlo per intero, essendo uno specchio fedele degli avvenimenti successi in quella sera. »

« Dai dati contenuti nel quadro che trovasi a pag. 260 e seg. e nelle accennate relazioni abbiamo ricavato una carta che pubblichiamo in fine di questa nostra breve relazione, perchè i lettori possano d'un colpo d'occhio abbracciare i luoghi della penisola italiana colpiti da simile flagello, e vedere nello stesso momento in un solo rapido esame il cammino percorso dal terremoto. È inoltre nostro debito di informare i lettori, che nell'idearla ci siamo fatto uno studio di tradurre colla massima esattezza il pensiero dell'egregio fisico e nella esposizione che or faremo del terremoto del 12 marzo, essi potranno via via cercare coll'occhio l'immagine sensibile di quanto si andrà svelando. Essa carta non sarà pienamente compresa se non dopo la totale esposizione, imperocchè racchiude la soluzione finale dell'intero problema. »

« Cominciamo quindi per fare un breve studio sulle direzioni delle onde sismiche, togliendone i dati dall'accennato rapporto. »

« L'illustre Direttore dell'Osservatorio di Urbino comincia per notare che dalla latitudine di Velletri fino a quella di Firenze s'incontrano via via delle stazioni, ove vennero notate con certezza due direzioni molto diverse delle scosse. Invece al disopra della latitudine di Firenze, non comparisce più che una direzione sola. Egli quindi suppone con ragione che in tutta questa zona le scosse siano state due, e con ottimo fondamento pone questa generale conclusione: *Tutte le stazioni di una lunga zona distesa da Velletri a Firenze ebbero due terremoti successivi e distinti, di origine apparentemente diversa.* Fra le due serie di scosse, scrive il P. Serpieri, è pure stato notato un breve intervallo di sensibile diminuzione o di tregua, e questo intervallo fa distinguere viemeglio i due successivi terremoti, le cui direzioni sono tra loro incrociate e sensibilmente perpendicolari, cioè uno per N.-O.-S.-E., che è la posizione dell'asse della penisola, l'altro per S.-O.-N.-E., che è una direzione prossimamente perpendicolare ai due lidi o alle maggiori catene Appenniniche. »

« Il P. A. Serpieri esaminando le indicazioni ricevute, nota ancora che dal vedere la linea di N.-O. tanto più fissa e prevalente che quella di S.-O., nella ragione di 10 a 5, viene il sospetto che quel moto di N.-O. sia venuto con grande apparato di larghissime e pesantissime onde, e tali da poter signoreggiare ogni più diversa resistenza e da volgere a suo grado con dispotico dominio le più svariate condizioni dei luoghi. Per lo che quell'onda di N.-O. cotanto poderosa, dimostrasi piuttosto indipendente dei centri vulcanici della

QUADRO *delle ore e dei principali eleme*

STAZIONI	Latitudine	Longitudine da Parigi	Ora del terremoto in tempo medio di Roma	Genere del movimento	Diminuz. o tregua
Cosenza	39° 19'	13° 52'	9 ore 0	suss.-ond.	—
Napoli	40° 52'	11° 55' 12"	—	—	—
Velletri	41° 41'	10° 26' 29"	9. 5	ond.	dimin.
Sora	41° 43'	11° 17' 7"	—	ond.	—
Anagni	41° 45'	10° 49' 36"	9. 7	ond.	—
Castel Gandolfo	41° 45'	10° 18' 54"	—	ond.	lung. tr.
Rocca di Papa	41° 46'	10° 22' 37"	—	ond.	—
Frascati	41° 48'	10° 20' 13"	9. 2 ?	ond.	—
Monte Porzio	41° 49'	10° 22' 53"	9. 3	ond.	—
Piglio	41° 50'	10° 48' 48"	—	ond.	—
Roma	41° 54'	10° 8' 42"	9. 5	ond.	—
Roma	41° 54'	10° 7' 3"	9. 6	suss.-ond.	tregua
Ciciliano	41° 57'	10° 36' 32"	9. 5	ond.	—
Tivoli	41° 58'	10° 27' 38"	—	ond.	—
Avezzano	42° 2'	11° 5' 42"	—	ond.	—
Monte Rotondo	42° 3'	10° 16' 51"	—	ond.-suss.-ond.	no
Civitavecchia	42° 6'	9° 27' 15"	—	ond.-suss.	—
Aquila	42° 21'	11° 0' ?	9. 7	ond.	—
Chieti	42° 21'	11° 49' 52"	—	ond.	no
Rieti	42° 24'	10° 31' 26"	9. 6	ond.	—
Viterbo	42° 25'	9° 46' 10"	9. (0-10)	suss.-ond.	tregua
Pescara	42° 26'	11° 56'	9. 5	—	—
Orte	42° 27'	10° 3' 0"	—	ond.	—
Ragusa	42° 37'	15° 51'	8. 56 1/3	ond.	no
Bagnorea	42° 38'	9° 45' 32"	—	suss.-ond.	tregua
Teramo	42° 40'	11° 19' 30"	9. 4. 1/6	suss.-ond.	dimin.
Acquasparta	42° 41'	10° 12' 38"	—	ond.	—
Orvieto	42° 43'	9° 46' 38"	9. 4. 1/3	suss.-ond.	—
Spoleto	42° 44'	10° 24' 15"	9. 2	suss.-ond.	dimin.
Grosseto	42° 46'	8° 46' 41"	—	ond.	—
Todi	42° 47'	10° 4' 13"	9. 0	ond.-suss.-ond.	—
Norcia	42° 47'	10° 45' 25"	9. 2. 1/2	ond.	2 treg.
Ascoli	42° 51'	10° 5' 0"	9. 3. 1/2	suss.-ond.	—
Trevi	42° 53'	10° 24' 37"	9. 4	—	—
Monte Fortino	42° 56'	11° 0' 36"	9. 5	suss.-ond.	no
Foligno	42° 57'	10° 22' 4"	9. 0 circa	due ond.	dimin.
Amandola	42° 59'	11° 1' 51"	9. 5	ond.	—
Spello	42° 59'	10° 20' 17"	9. 2 ?	suss.-ond.	—
Penna S. Giovanni	43° 3'	11° 5' 21"	—	suss.-ond.-vort.	—
Sanginesio	43° 6'	10° 59' 0"	—	suss.-ond.	dimin.
Perugia	43° 7'	10° 3' 10"	9. 1	suss.-ond.	no
Camerino	43° 8'	10° 43' 57"	9. 5. 1/2	suss.-ond.-suss.	dimin.
Fermo	43° 10'	11° 22' 51"	8. 59	suss.-ond.	—
Matelica	43° 15'	10° 40' 24"	9. 5. 1/2	suss.-ond.	—
Macerata	43° 18'	11° 7' 4"	9. 3	suss.-ond.	—
Civitanova	43° 18'	11° 23' 55"	9. 5	ond.	tregua
Siena	43° 19'	8° 59' 56"	9. 7. 1/2	ond.	—
Sigillo	43° 20'	10° 24' 18"	—	ond.	—
Fabriano	43° 20'	10° 34' 8"	9. 5.	ond.-suss.-ond.	—
Cingoli	43° 22'	10° 52' 50"	9. 7. 1/8	ond.-suss.-ond.	—

…mici del terremoto d'Italia del 12 Marzo 1873.

…REZIONE DELLE SCOSSE				FORZA	OSSERVATORI
…a	Seconda	Terza	Unica		
	—	—	N.O.	debole	Prof. Domenico Conti, Osservatorio.
	--	—	—	deboliss.	Prof. Luigi Palmieri (Oss. Vesuv.) ed altri.
O.	S.O.	—	—	forte	Prof. Ignazio Galli (Osservatorio) e ingegnere Pacifico Ditucci.
	—	—	O.	mediocre	Prof. Nicolucci.
	—	—	N.O.	forte	Dott. Zappasodi.
	—	—	N.O.	mediocre	Luigi Marazzi.
	—	—	S.O.	—	Salvatore Fondi, ed altri.
	—	—	N.O.	—	P. Lavaggi.
	—	—	O.S.O.	debole	T. Ricci.
	—	—	N.	mediocre	Ing. Ed. Lupi.
	—	—	—	mediocre	P. A. Secchi (Osserv. del Coll. Romano).
).	S.O.	—	—	forte	Prof. Michele Stefano De Rossi.
	—	—	N.O.	fortissimo	R. Riccardi.
?	O.?	—	—	fortissimo	Can. Coccanari.
	—	—	N.	forte	Ing. Ludovici.
	—	—	—	forte	Giuseppe Gatti.
).	—	—	—	forte	Ing. De Andreis.
	—	—	O.	debole	Ing. Partini e B. Bonanni.
	—	—	N.O.	debole	Prof. Enrico Cristini (Osservatorio).
).	S.O.	—	—	mediocre	Dott. Riccardo Gamba.
.	N.O.	—	—	forte	Prof. Gaet. Barbieri e Prof. S. Medichini.
	—	—	—	debole	Dott. Girolamo Orsi.
	—	—	S.O.	forte	Agostino Ralli.
	—	—	N.O.	mediocre	Prof. G. Podielm.
	—	—	S.S.O.	forte	Carlo Raffaele Gualterio.
	—	—	S.S.O.	mediocre	Prof. Carlo Fracassa.
	N.O.	—	—	fortissimo	E. Achilini.
	—	—	N.O.	fortissimo	Prof. Luigi Chatel.
	—	—	S.S.O.	fortissimo	Prof. Arpago Ricci.
	—	—	N.	deboliss.	Prof. Andrea Bongini (Osserv.) e Corsi.
	—	—	N.	fortissimo	Prof. Enrico Ippoliti.
	N.O.	—	—	forte	Prof. E. Santoni e Prof. Colantoni.
	—	—	N.N.O.	fortissimo	Prof. G. Tranquilli e A. Saladini.
	—	—	—	—	Prof. Arpago Ricci.
	—	—	N.N.O.	forte	Luigi Antonini.
	—	—	O.S.O.	forte	Prof. Giovanni Salvatori.
	—	—	N.N.O.	fortissimo	Vincenzo Astorri e Luigi Antonini.
).	S.O.	—	—	mediocre	Prof. Luigi Gaspari.
	S.O.	O.	—	fortissimo	Vincenzo Astorri.
	—	—	N.O.	fortissimo	Sig. Sindaco.
°O	S.25° O	S.5°O.	—	fortissimo	Prof. E. Dal Pozzo e Prof. G. Bellucci (Osservatorio).
	—	—	N.N.O.	fortissimo	Prof. Luigi Berti (Osservatorio).
	S.S.O.	—	—	forte	Prof. Giulio Agolini Ugolini.
	--	—	N.O.	forte	Prof. Filippo De Sanctis.
	O.S.O.	—	—	forte	Prof. Piero Giuliani.
).	?	—	—	forte	Prof. F. Mici e Prof. G. Ceccarelli.
	O	—	—	mediocre	Prof. Cesare Toscani (Osservatorio).
	—	—	S.O.	forte	Ubaldo Cotini.
.O.	S.O.	—	—	fortissimo	Prof. Carlo Morbelli e Prof. Aur. Zonghi.
	—	—	N.O.	fortissimo	Gaetano Castiglioni.

QUADRO *delle ore e dei principali elem*

STAZIONI	Latitudine	Longitudine da Parigi	Ora del terremoto in tempo medio di Roma	Genere del movimento	Diminuz o tregua	
Volterra	43° 24′	8° 31′20″	$9.7\frac{1}{3}$	ond.	no	
Città di Castello . . .	43° 27′	9° 54′ 8″	—	suss.-ond.	—	
Cantiano	43° 28′	10° 17′34″	—	ond.	—	
Castelplanio	43° 29′	10° 44′36″	9.4	—	—	
Spalatro	43° 30′	14° 6′ 8″	$9.2\frac{1}{3}$	—	—	4
Jesi	43° 31′	10° 54′16″	9.6	ond.-suss.	—	
Livorno	43° 32′	7° 57′31″	$9\ (8\frac{2}{3} - 18\frac{2}{3})$	ond.	—	
Pergola	43° 33′	10° 29′49″	9.5	—	—	
Cagli	43° 33′	10° 18′54″	9.4	suss.-ond.-suss.	—	
Ancona	43° 37′	11° 9′55″	9.5	ond.	dimin.	
Sant'Angelo in Vado	43° 39′	10° 4′12″	—	ond.	tregua	
Mondavio	43° 40′	10° 37′25″	—	ond.-suss.-ond.	—	
Fossombrone	43° 41′	10° 27′48″	—	ond.	tregua	
Urbino	43° 43′	10° 18′ 2″	$9.4\frac{1}{4}$	ond.	tregua	
Cartoceto	43° 46′	10° 32′41″	—	—	—	
Pontassieve	43° 46′	9° 6′37″	—	—	tregua	
Firenze	43° 46′	8° 54′41″	$9.3\frac{5}{6}$	—	—	
Firenze	43° 46′	9° 55′ 9″	$9.3\frac{5}{6}$	misto	—	5
Firenze	43° 46′	8° 55′ 9″	9.4	—	—	
Firenze	43° 47′	8° 56′27″	$9.2\frac{5}{6}$	suss.-ond.-rot.	—	
Sebenico	43° 48′	13° 31′47″	$9.2\frac{1}{2}$	—	—	4
Pennabilli	43° 49′	9° 56′ 2″	—	—	—	
Fano	43° 51′	10° 40′47″	9.3	—	—	
San Marino	43° 57′	10° 6′49″	9.5	suss.-ond.	tregua	
Rimini	44° 3′	10° 13′50″	9.5	ond.	tregua	
Savignano	44° 6′	10° 3′45″	$9.4\frac{1}{2}$	—	—	
Zara	44° 7′	12° 53′33″	9.0	ond.	tregua	
Porretta	44° 9′	8° 38′10″	9.5	—	—	
Forlì	44° 13′	9° 42′22″	—	ond.	tregua	
Genova	44° 26′	6° 35′24″	9.15	—	—	
Bologna	44° 30′	9° 0′59″	$9.6\frac{1}{2}$	misto	—	
Modena	44° 39′	8° 35′23″	9.7	ond.	tregua	
Pola	44° 52′	11° 30′21″	$9.4\frac{1}{3}$	ond.	—	3
Alessandria	44° 54′	6° 17′27″	—	—	—	
Moncalieri	45° 0′	5° 24′40″	9.9	—	—	
Mantova	45° 10′	8° 27′37″	9.4	ond.	—	
Pisino	45° 13′	11° 34′30″	$9.4\frac{5}{6}$	—	—	
Lodi	45° 19′	7° 9′57″	9.3 ?	—	—	
Fiume	45° 23′	12° 6′21″	9.4	ond.	—	
Padova	45° 24′	9° 31′57″	$9.6\frac{1}{3}$	suss.-ond.	—	
Umago	45° 25′	11° 11′50″	$9.5\frac{2}{3}$	—	—	
Venezia	45° 26′	10° 0′12″	$9.7\frac{1}{2}$	suss.-ond.	—	
Milano	45° 28′	6° 51′30″	—	—	—	
Trieste	45° 39′	11° 26′17″	$9.4\frac{2}{3}$	—	—	
Aosta	45° 44′	4° 59′57″	$9\ (5\frac{1}{2} - 10\frac{1}{2})$	ond.	—	
Varallo	45° 48′	5° 55′41″	9.5 circa	—	—	
Lugano	46° 0′	6° 36′28″	9.5 circa	1ª scossa	—	
Lugano	46° 0′	6° 36′28″	9.10 circa	2ª scossa	—	
Udine	46° 4′	10° 53′55″	9.5	—	—	
Belluno	46° 8′	9° 52′43″	9.8	ond.	—	
Grubhof (Salisburg.)	46° 35′	10° 21′ 0″	$9.22\frac{1}{2}$	ond.	—	

...mici del terremoto d'Italia dal 12 Marzo 1873.

...REZIONE DELLE SCOSSE				FORZA	OSSERVATORI
...a	Seconda	Terza	Unica		
	—	—	S.O.	deboliss.	Prof. Prospero Lotti (Osservatorio).
	O.S.O.	—	—	forte	Prof. Saverio Santini.
	—	—	S.O.	forte	Antonio Giordani.
	—	—	—	—	Giacomo Angeli.
	—	—	N.O.	forte	I. R. Istituto Meteorologico di Vienna.
	—	—	O.	forte	Prof. V. Mattioni (Osservatorio).
D.	N.N.O?	—	—	deboliss.	Prof. Pietro Monte (Osservatorio).
	—	—	S.S.O.	fortissimo	Prof. Raffaele Piccinini.
	S.S.O.	—	—	fortissimo	Prof. Gregorio Mei.
.	N O.	—	—	mediocre	Prof. Francesco De Bosis.
	—	—	N.	mediocre	Prof. Ernesto Antonini.
	—	—	O.S.O.	forte	Giuseppe Monti.
	—	—	O.	debole	Prof. Giuseppe Ceccarelli.
D.	O.S.O.	—	—	fortissimo	Prof. Alessandro Serpieri (Osservatorio).
	—	—	N.O.	forte	Camillo Marcolini.
.	—	—	—	forte	Guido Libri.
.	S.O.	N.?	—	mediocre	Prof. G. B. Donati (R. Osservatorio). Prof. Filippo Cecchi (Osserv. Ximeniano). Uffici Telegrafici. Prof. Timoteo Bertelli (Oss. alla Quercia).
	—	—	N.O.	forte	I. R. Istituto Meteorologico di Vienna.
	—	—	O.	forte	Prof. Dario Mattei-Gentili.
	—	—	S.O.	forte	Prof. Avoni.
	—	—	N.	debole	Palamede Malpeli.
	—	—	O.	mediocre	Osservatorio e Prof. T. Bertelli.
	O.	—	—	mediocre	Ing. Lucio Fellini.
	—	—	N.O.	forte	I. R. Istituto di Vienna e Prof. di Fisica del Seminario.
	—	—	—	debole	Prof. Timoteo Bertelli.
	—	—	O.N.O.	debole	Antonio Merlini (Osservatorio).
	—	—	S.O.	deboliss.	Prof. G. M. Garibaldi (R. Osservatorio).
	—	—	O.	debole	Prof. Alessandro Palagi (R. Osservatorio).
	—	—	N.O.	deboliss.	Prof. Domenico Ragona (R. Osservatorio).
	—	—	N.O.	debole	I. R. Istituto idrografico.
	—	—	N.	deboliss.	Prof. Pietro Parnisetti (Osservatorio).
	—	—	S.S.O.	debole	Prof. Francesco Denza (Osservatorio).
	—	—	N.	debole	Prof. Agostini (Osservatorio).
	—	—	—	forte	I. R. Istituto Meteorologico di Vienna.
	—	—	N.N.O.	forte	Prof. Stanislao Belli (Osservatorio).
	—	—	O.	mediocre	Prof. E. Stahlberger (I. R. Accad. Milit.).
	—	—	—	debole	R. Osservatorio.
	—	—	—	forte	I. R. Istituto Meteorologico di Vienna.
	N.	—	—	mediocre	Prof. Giuseppe Meneguzzi (Osservatorio).
	—	—	N.O.	debole	Prof. G. V. Schiapparelli (R. Osservatorio).
	—	—	—	forte	I. R. Istituto Meteorologico di Vienna.
	—	—	N.O.?	deboliss.	Prof. P. G. Volante (Osservatorio).
	—	—	—	deboliss.	Prof. Pietro Calderini (Osservatorio).
	—	—	—	debole	Osservatorio.
	—	—	—	più debole	Osservatorio.
	—	—	—	—	Prof. Gio. Clodig (Osservatorio).
	—	—	—	deb. lungo	D. A. Fulcis (Osservatorio).
	—	—	—	mediocre	Contessa Von Almasy.

penisola, e quindi venuta di fuori. Egli osserva inoltre che questa stessa onda si è spinta molto innanzi a tramontana ed a mezzogiorno, cioè ad Aosta e Cosenza; mentre il moto perpendicolare al primo corse verso le due spiagge marine, ma non discese e non salì molto nelle latitudini e con una bella figura rappresenta il terremoto come un grande e precipitoso fiume che ha corso da Cosenza ad Aosta o viceversa, e in mille punti ha rotto gli argini spingendosi con forti correnti a destra ed a sinistra ».

« Il dotto meteorologo cerca inoltre di rispondere all'importante quesito quale dei due movimenti di N.-O. e di S.-O. venne per il primo nella zona centrale, ed appoggiandosi ai dati raccolti a Firenze col celebre sismografo del P. Bertelli, a Perugia con quello appartenente al prof. Bellucci ed a Roma dalla *vigile e brava sentinella* che è il prof. de Rossi, i quali positivamente e risolutamente segnalarono, che la prima onda che colpiva i loro posti correva per la via N.-O. S.-E., non si perita dall'asserire che la tiene per vera. Egli adunque senza alcun dubbio ritiene e pone come cosa di fatto, che il primo moto della terra da Velletri a Firenze fu nel senso dell'asse della penisola. Egli osserva ancora, che l'onda N.-O.-S.-E. che aprì il breve ma larghissimo commovimento della penisola fu più fissa e ostinata che l'altra S.-O.-N.-E. nella lunghezza della zona centrale Velletri-Firenze, e di più quell'onda è anche la più fissa e inalterata per tutta quanta l'estensione invasa dal terremoto. Su 94 osservazioni da lui raccolte, la direzione N.-O.-S.-E. sarebbe quella stata osservata da un numero più considerevole di persone, o da 27, e la direzione notata da un minor numero di osservatori fu quella di O.-N.-O.-E.-S.-E., che è stata segnalata soltanto 3 volte. Da questi dati, egli dice, appare il

predominio dell'onda indicata N.-O.-S.-E., e si fa ognor più manifesto, che l'urto di N.-O. che fu il primo, venne con grande indipendenza dalle condizioni speciali dei vari luoghi ad assalire la penisola, come invasione di forze straordinarie e nuovissime, che trascinarono con sè e fecero servire all' operazione propria quanto di attività vulcanica poteva essere sul punto di erompere in qualche parte del paese. »

« L'egregio professore mette inoltre a confronto la frequenza delle direzioni che sono fra loro perpendicolari, accoppiandole insieme nelle stesse linee, ed ha:

N..	n.	13	O	n.	13
N.-N.-O.		7	O.-S.-O.		7
N.-O.		27	S.-O.		16
O.-N.-O.		3	S.-S.-O.		8

« La grande corrispondenza di questi numeri, per cui le onde si sarebbero incrociate ad angolo retto, fa spiccare per fulgida luce la bellissima legge trovata dal de Rossi e che già abbiamo notato, ossia: *allo scuotimento di una linea di frattura segue l'ondulazione dei suoi labbri.* In questo caso la linea di frattura, che da Firenze si estende fino a Spoleto ed è stata in tutta la sua lunghezza colpita da questa scossa, corre parallela al corso dei due fiumi principali che scendono dall'Appennino e nascono a breve distanza l'uno dall'altro, l'Arno ed il Tevere, per avviarsi al mare seguendo questa catena che forma la spina dorsale della penisola in direzioni affatto opposte. »

« È ancora il caso di osservare come in questo importante terremoto la direzione della prima e più importante scossa è stata da N.-O. a S.-E.: e che quindi le onde geosismi-

che secondarie si sono sentite sulle perpendicolari o da S.-O. e da N.-E., mentre che in quello successo il 19 gennaio stesso anno, sarebbe pure stato notato un predominio della ondulazione da S.-O. a N.-E. Questa circostanza di una esatta coincidenza nella direzione delle scosse è una nuova prova da aggiungersi alle altre, che per l'Italia i fenomeni sismici non sono più circondati da quel profondo mistero che per tanti anni li ha fatti credere incomprensibili. »

« Uno dei dati più importanti per conoscere viemeglio le leggi a cui i terremoti obbediscono, egli è quello di sapere colla massima esattezza possibile il tempo preciso in cui le scosse si fecero sentire. Questo dato è assai più difficile che a prima vista non sembra, in quanto che non solo gli orologi non sono dappertutto regolati in uno stesso modo od al tempo di Roma, ma in molte borgate, anche considerevoli, alla giustezza del tempo non si ammette nessuna importanza. E questo dato è quello appunto che ha procurato al P. Serpieri il lavoro più faticoso per ordinare la serie degli avvenimenti, la sede dell'urto principale, la direzione delle scosse susseguenti e la durata di ogni onda. »

« Dalle notizie dall'egregio professore raccolte anzitutto appare che i moti geosismici hanno cominciato a manifestarsi sulla riva orientale dell'Adriatico, e che l'ora media del terremoto da Ragusa a Venezia (tempo di Roma) fu 9 ore 3′ 1/5, mentre le stazioni della penisola, tranne alcune centrali da Firenze a Spoleto hanno tutte un' ora superiore alle 9 ore 4′; ed inoltre i tempi vanno via alzandosi col crescere della latitudine. Difatti l'ora media in cui il terremoto si è fatto sentire nelle località seguenti, distanti l'una dall'altra circa un grado di latitudine è stata per

Ragusa-Sebenico	lat. med.	43° 19	ore	9, 0′ 2/5
Zara-Pola	»	44° 29	»	9, 2′ 1/5
Pisino-Trieste	»	45° 25	»	9, 5′ 3/10

« La progressione, scrive quindi il P. Serpieri, viene anche troppo bella e parlante. In poco più che 2′ le onde passarono dal grado 43 al 44 e nell'istesso tempo corsero dal grado 44 al 45. »

« I luoghi d'Italia che ebbero il terremoto poco prima del resto della penisola, furono Foligno e Todi, che lo sentirono alle ore 9; Perugia alle ore 9, 1′; Spoleto a ore 9, 2′; Spello ore 9, 2′; Norcia ore 9, 2′ 1/2 e Firenze ore 9, 3′ 3/5. Queste ore danno la media di ore 9, 1′, 9″. Ora, guardando sulla carta, appare che tutti questi luoghi trovansi lungo o presso la depressione che fa l'Apennino da Firenze a Spoleto, e che l'anticipazione delle scosse ebbe luogo nel senso della depressione montana, che è lambita dai corsi dell'Arno e del Tevere. »

« Vengono quindi le località poste verso o sulla riva occidentale dell'Adriatico e poi quelle del versante occidentale dell'Appennino, ed il P. Serpieri ha trovato che « in generale sul versante adriatico l'ora sta sui 5′ e a Siena, Volterra, Livorno, Roma, oscilla fra i 7′ e i 5′. »

« Da ciò risulta dunque, servendoci delle stesse espressioni dell'egregio professore, che vi fu diffusione di onde da un lungo focolare tutto italiano verso le parti periferiche della penisola. Vi fu, così egli ci scriveva in una sua lettera del 18 maggio 1875, *un radiante* analogo a quello delle stelle cadenti, il quale « ne lancia molte centinaia. La « linea Spoleto-Firenze fu battuta quasi in un istante me- « desimo; poi vennero le scosse di raggiamento e queste

« corsero con velocità non grandi, in modo da potersi se-
« guire o sorprendere in tempi successivi sui vari punti la-
« terali, a seconda delle distanze loro dal radiante. L'ultimo
« terremoto 17-18 marzo (1875) mi dà lo stesso risultato! »
e quindi l'ondulazione trasversale delle labbra seguì lo scuotimento della linea di frattura. »

« Se si considera che le prime scosse si fecero sentire a Ragusa a ore 8.56 $^1/_2$, a Cosenza, a Todi, a Foligno, a Zara alle ore 9, a Perugia alle ore 9 1′, a Firenze a ore 9 3′ $^5/_6$, mentre nel resto d'Italia si manifestarono ad ora più tarda e nella valle della Salza l'ondulazione apparve a ore 9 22′ $^1/_2$, subito si ravvisa che il movimento nacque realmente verso il centro della Penisola. « Alle origini del Tevere da Firenze a Norcia, percosse in prima il terremoto: là nacque e saltò fuori già grande e terribile non da un punto solo ma tutto in una volta da Norcia, da Spoleto, da Todi, da Foligno, da Perugia e dalle vicinanze di Firenze. Venne cioè il sotterraneo demone con larghissima potenza ad investire ad un colpo gran parte della penisola e di là stese le cento braccia a scuotere con moto convulso ambedue i lidi da Foggia a Venezia, da Cosenza a Genova, e le lontane creste delle Alpi. A tanta potenza e vastità di origine non poteva non corrispondere largo, lontanissimo effetto. »

« Il dotto ed elegante scrittore, pensa poi che il moto di Dalmazia contemporaneo a quello del radiante italiano possa aver avuto la stessa ed identica origine, e quantunque l'illustre Perrey gli scrivesse: « le scosse sentite il 12 marzo in Italia e sulla costa occidentale dell'Adriatico, mi sembrano manifestazioni di un solo e medesimo fenomeno » pur tuttavia egli, il P. Serpieri, con una rara modestia non s'attenta a dare con certezza un fatto simile, ma pur esponen-

dolo, gli par opportuno di circondare il suo bel ragionamento di una serie di dubbi. »

« Egli dunque comincia per riconoscere l'esistenza di una corrente sotterranea, che venuta da S.-E. urtava intorno a Ragusa, mentre un ramo della medesima che era corso veloce e insidioso sotto il letto dell'Adriatico, svelandosi forse nei piccoli moti di Chieti, anteriori di 2' giungeva sotto l'Italia centrale percuotendo all'ora stessa con pesantissime onde nelle fratture sotterranee del Tevere e dell' Arno fra Spoleto e Firenze, e fedele compagna della corrente di Dalmazia, correva parallelamente con quella fino a riscontrarla ed a seppellirsi e disperdersi insieme nel grande anfiteatro alpino. »

« L'andamento di questa prima onda, secondo l' illustre professore, scuotente da N.-O. a S.-E. e da S.-E. a N.-O., fu nel terremoto del 12 marzo la cagione principale di tutto il rimanente sconquasso, quantunque non sia stata per sè tanto cattiva e furibonda come le altre che vennero di poi, ed è forse il problema più difficile che si incontra fra tanti altri. Imperocchè mentre in Dalmazia la corrente partita da Ragusa s'avviò al N.-O. con un movimento quasi uniforme; sul continente italiano la stessa corrente, o diramata o compagna a quella di Dalmazia, non restò paga a continuare il suo corso e a montare per le alte latitudini, ma quasi si divise in due rami laterali seguitando uno di essi verso l' Italia superiore e l'altro ripiegandosi indietro pervenne a battere anche con più furia le terre meridionali. Il fatto, egli dice, è curioso ed oscuro; e se la corrente veniva da N.-O., perchè le terre più lontane a N.-O. si son mosse dopo Firenze, Perugia e Spoleto? E qui propone di indagare se può mai succedere che una corrente sotter-

ranea avviata in un determinato modo, abbia a far nascere alla superficie due serie di radiazioni diametralmente opposte. »

« Pur proponendo il difficile problema all' attenzione dei geologi, egli esprime un avviso che si ripresenta sotto l'aspetto di una bella verità e descrive con un colorito molto vivo. Il P. Serpieri suppone dunque che la scorza terrestre sia nella superficie inferiore « tutta irta di grandi prominenze che discendono verso il centro a guisa di immense stalattiti formando rovesciate montagne, e picchi, e rilievi prismatici di gran mole, immersi colle loro sommità in un oceano perpetuamente agitato di bollenti lave e vapori. » Supponendo che contro quelle capovolte pendici succeda un urto in direzione orizzontale, è da immaginarsi che ne seguiranno grandi lacerazioni e scoscendimenti o giganteschi moti di altalena su tutta la massa verticale, sicchè le punte esteriori ondeggeranno con moto inverso a quello di dentro, e perciò un colpo ricevuto dentro da S.-E. potrà mostrarsi di fuori con un primo moto da N.-O., ed alternandosi il moto oscillatorio da N.-O. e da S.-E., potranno nascere radiazioni bilaterali che correranno per vie diametralmente opposte. »

« Essendo tutte le relazioni concordi, egli scrive ancora, nell'attribuire poca energia ai moti verticali, non solo bisogna dire venuta di lontano la corrente che quella sera mise tanta paura, ma bisogna anche giudicare che il suo andamento sotto la scorza terrestre fosse quasi orizzontale e quindi i suoi urti e le due opposte schiere di onde che ne scaturirono e via sorsero a N.-O. e a S.-E., si generassero molto probabilmente secondo la congettura da lui ideata e qui sopra con così belle forme esposta. »

« E qui l'autore chiamando in suo aiuto un prezioso scritto dell'illustre Scarabelli [1], il quale dice che la vallata del Tevere ed il seno appenninico che conduce le acque a Firenze *sono nati come le pieghe di un ventaglio aperto che si chiude,* espone che le pieghe di quel ventaglio dovevano produrre nel loro formarsi la rottura degli strati sottoposti, e le rotture sotterranee corrispondenti alle vallate o agli angoli sinclinali, dovettero generare delle ampie lunghissime gole allargantisi dall' alto in basso, pronte perciò a ricevere e a dar corso ad ogni flutto di materie liquefatte e ad ogni subitanea bufera di ardenti e furibondi vapori. In quelle ime aperture l'onda motrice del 12 marzo si sarà incontrata venendo a noi chi sa da qual distanza, mentre la sua corsa sotterranea ancora lontana e innocente era tradita e scoperta dalle vibrazioni sonore e dal rombo precursore. Quelle regioni italiane potevano insomma essere facilmente più da vicino battute da una corrente vulcanica capitata al disotto della penisola, e furon di fatto prescelte, e nacque la radiazione dinamica verso Velletri e verso Aosta; la seconda come continuazione della corrente primaria, la prima come effetto di furiose oscillazioni e reazioni indotte nelle masse urtate. E certo fu quella prima radiazione che eccitò ed animò una gran serie di correnti sotterranee, che in forza di molteplici reazioni e riflessioni andavano e venivano per tutte le linee di frattura, manifestandosi via via in tempi successivi nelle regioni più distanti dalla zona centrale, che in caso diverso l'onda di N.-O. non poteva manifestarsi prima nel centro e poi agli estremi e ai fianchi. »

[1] Scarabelli. *Sul sollevamento delle Alpi in linea curva.*

« Secondo lo stesso fisico, la seconda fase del terremoto non fu che l'effetto della prima. Nelle scosse della seconda fase v'ha una radiazione centrale collocata nel bel mezzo della penisola, dappoichè le terre di levante e di ponente furono colpite 3' o 4' dopo i paesi più interni. Ma di più il lido Adriatico da Pescara a Rimini trabalzò a un tempo solo intorno a ore 9 5'. Tutti gli orologi della spiaggia adriatica da Ferrara a Rimini, o su di una linea di 230 chilometri, compresi quelli di Urbino, Camerino e Teramo, si fermarono in un medesimo istante. Da ciò possiamo adunque argomentare, dice il P. Serpieri, della posizione e forma del radiante, che dovette essere dunque non un punto od un'area molto ristretta, ma sì una linea assai lunga parallela alla costa. Questa linea assai lunga parallela alla costa che il P. Serpieri chiama radiante e corrisponde al corso del Tevere e dell'Arno da Spoleto a Firenze, copre precisamente la linea di frattura, la cui esistenza è stata provata mercè le considerazioni dell' egregio professore de Rossi, e le scosse di raggiamento corrispondono all' ondulazione trasversale dei suoi labbri. »

« Il prof. De Rossi [1] pensa che il fluido elastico debba spingere verticalmente la crosta intromettendosi e penetrando nella frattura come in un cunicolo, e quindi produca dapprima il moto sussultorio e talvolta l' ondulatorio parallelo al corso della frattura. In questo primo movimento i due brani della crosta sollevandosi tendono ad aprire la frattura medesima e quindi ne derivano gli avvallamenti ed anche gli sprofondamenti tanto frequenti nei terremoti,

[1] *Sulla continuazione del periodo sismico apenninico*, pag. 13. Roma, 1873.

dovuti al cessare del contrasto ed all' appoggio mantenuto dalla pressione delle due sponde che tengono serrata la colmatura della valle. Cessando questo primo impulso, il ritorno all'equilibrio ed al loro posto dei due brani rialzati, deve cagionare un'onda normale alla prima; e complicandosi questi due movimenti ne può nascere il moto rotatorio e vorticoso. Ora, sapendo che l' asse appenninico corre da N.-O. a S.-E., in questa direzione necessariamente corre la grande frattura principale che divide i due versanti della catena; inoltre sappiamo pure che parallelamente a questa corrono le due grandi fenditure sinclinali, che sono l'asse delle due linee o zone vulcaniche mediterranea ed adriatica. Da ciò consegue che le fratture secondarie, le quali sono mai sempre approssimativamente normali alle prime, debbono dirigersi da S.-O. a N.-E.; e così vediamo che è successo.... »

« Non possiamo terminare questa già troppo lunga rivista sul dotto rapporto del P. Serpieri, senza toccare della velocità dell' onda geosismica o della rapidità con cui le scosse si sono comunicate da un punto all' altro della penisola, stata calcolata dal dotto fisico. »

« Prendendo di mira le stazioni di Ragusa e Venezia, e poi quelle di Spoleto e Venezia, egli calcolò la distanza sopra un arco di circolo massimo della terra, ed ebbe per le prime due 299 miglia o 554 chilometri, e per le seconde 209 miglia o 387 chilometri. La prima distanza percorsa in 11 17′ dà la velocità di 50 chilometri ad ogni minuto primo; l'altra, percorsa in 5 17′, dà quella di 75 chilometri; e prendendo la media dei due risultati avremo una velocità di 62 chilometri, quale in altre circostanze fu notata da altri osservatori. Lo stesso P. Serpieri osserva che l'astronomo

Schmidt trovava per il terremoto della valle del Reno nel 1846 la velocità dell'onda da 37 ad 80 miglia al minuto, o da 68 a 148 chilometri. »

« La velocità dell'onda delle scosse di raggiamento, come le dice il P. Serpieri, o dell'onda trasversale, come la chiama il prof. de Rossi, sarebbe risultata molto più lenta. Difatti, da Perugia ad Orvieto, distanti 44 chilometri, l'onda avrebbe impiegato 3′ 1/3; da Perugia ad Urbino, 67 chilometri, 3′ 1/4; da Perugia ad Ancona, 107 chilometri, 4′; o si sarebbe avanzata da Perugia ad Orvieto con una celerità di 11 chilometri al minuto primo, ed avrebbe percorso circa 30 chilometri al minuto da Perugia ad Ancona.

« L'ora di Genova, che tocca i 15′, conferma pure la lentezza del moto verso occidente, avendo camminato colla velocità di soli 12 chilometri circa al minuto primo. Da Perugia a Roma ed Anagni, vi sono circa 70 e 90 chilometri; e l'onda di N.-O. avrebbe corso intorno a 30 o 40 chilometri per minuto. Come apparve nei tre maggiori terremoti del 1874, questa velocità è all'incirca conforme al cammino dell'onda sismica in tutte le scosse che hanno funestato l'Italia e si sono potute studiare. »

« Ed or dobbiamo affrettarci a chiudere questa già troppo lunga relazione, che il tempo assai ci stringe. È con vero dispiacere che ci stacchiamo dalla dottissima Memoria del P. Serpieri, nella quale questo diligente osservatore ha impreso a trattare dei fenomeni che accompagnarono il terribile terremoto del 12 marzo 1873, mercè la quale ha messo in evidenza la teoria meccanica dei movimenti sismici dal valente de Rossi con tanta verità esposta. Quasi nello stesso tempo in cui quest'ultimo constatava l'esistenza di una legge costante, secondo la quale i movimenti si-

smici comunicansi attraverso l'epidermide di questo nostro pianeta, e dettava il suo teorema; il P. Serpieri, ripensando ai radianti delle stelle cadenti ed al modo con cui queste si irradiano nello spazio, trovava opportuno di adattare questi termini anche pei terremoti a fine di esprimere le pure leggi dei fatti, e chiamava la scossa principale radiante e le successive di raggiamento. Ma a differenza di quanto succede nello spazio, tale radiante si rivela su questa nostra terra costantemente in dati luoghi suoi prediletti, ed è questi luoghi che il prof. de Rossi s' è adoperato a studiare, analizzando i fenomeni sismici che si irradiano dal centro vulcanico laziale, e lungh' essi ha scoperto la esistenza delle linee di fratture.... »

« La carta del terremoto del 12 marzo del 1873, è stata da noi tracciata partendo dalla nuova e bella idea immaginata dall' egregio P. Serpieri, di paragonare il fenomeno dei terremoti a quello delle stelle cadenti. Il dotto professore ha paragonata la zona centrale della scossa sismica ad un radiante di oscillazioni, e le scosse di raggiamento alle centinaia di stelle cadenti che partono talvolta da un punto del cielo. »

« Per esprimere sulla carta il nuovo e bel pensiero dell'illustre fisico, abbiamo pensato di coprire d'un colore uniforme tutto il radiante centrale appennino disteso da Spoleto a Firenze; ed in questo stesso radiante d'un colore rossiccio abbiamo messe delle altre freccie di colore più oscuro, le quali servono a segnare la direzione generale dell'onda sismica in quel luogo. »

« Questo radiante fu inoltre circondato da freccie azzurre di reazione, disegnate a tratti ed in posizione inversa a quelle contenute nel detto radiante, volendo con queste segnare

il ripiegamento indietro della corrente che si portò con furia a battere le terre meridionali. »

« Le altre freccie laterali pure azzurre, segnano le linee d'irraggiamento, e queste, confermando il principio generale, rappresentano veramente i fatti parziali. In un colpo d'occhio si vede come la stessa scossa siasi fatta sentire a Cosenza e ad Aosta, e la freccia lassù sopra Udine, segna la scossa che probabilmente per quella direzione andò fino a Salisburgo e si fece sentire a ore 9, 22′ $^1/_2$ tempo di Roma. »

« Infine nell'Adriatico abbiamo fatto un fascio di freccie con a fianco un punto interrogativo, volendo con questo segnale indicare il supposto punto di provenienza della corrente sdoppiatasi verso l'Italia e verso Dalmazia. »

Credo opportuno dopo questa diligente esposizione tracciata dal Gatta del lavoro del Serpieri, riassumerne in brevi parole, i risultati e l'orditura. Perchè avendolo io proposto come modello d'analisi, debbo anche accennare i punti che ho omesso di riepilogare e le ragioni che a ciò mi hanno consigliato.

Quattro sono i principali capi dell'analisi istituita dal nostro autore sul grandioso fenomeno del 12 marzo: 1.° Intorno all'ora del fatto relativamente alla topografia dei luoghi percossi. 2.° Intorno alla qualità e varietà delle direzioni sperimentate nelle ondulazioni. 3.° Intorno al presentimento del fenomeno osservato negli animali. 4.° Intorno ai fenomeni elettrici e magnetici che hanno preceduto ed accompagnato la tempesta sismica. Questi due ultimi capi d'analisi sono piuttosto una dimostrazione della importanza, utilità e fecondità dello studio da fare su quelle due categorie di fenomeni e tentativi o previsioni di sintesi, di quello

che vere conclusioni, per le quali manca tuttora il fondamento delle sufficienti ed accurate osservazioni. Noi poi abbiamo riservato a quella importante materia un luogo speciale in questo trattato. I due primi capi però formano il corpo del lavoro e con risultati veramente meravigliosi. Potrebbe parere che io ammirassi quelle due prime parti perchè in esse l'autore con pari sagacia a cortesia verso di me riesce principalmente a confermare con la luce dell'evidenza assoluta la teoria meccanica dei terremoti da me enunciata. L'importanza della teoria in sè stessa e la evidenza della conferma che essa riceve dalla grandiosità del fenomeno del marzo e dalla perfezione dell'analisi fattane dal Serpieri, mostra a qualsivoglia mente benevola, che è il piacere dell'acquisto fatto dalla scienza, non la personale soddisfazione, ciò che mi spinge a porre in luce il nuovo studio. Ed è veramente un caso provvidenziale e raro nella scienza, che subito dopo tentato di proporre una teoria, sia sopraggiunto un fenomeno raro anch'esso ed in proporzioni tali da confermarne la verità.

L'esser riuscito il Serpieri ad accertarsi dell'ora precisa, nella quale avvenne il fenomeno nelle varie regioni, gli fruttò la scoperta di due focolari o centri di movimento. Uno di questi centri apparve a Ragusa nella Dalmazia alle ore 8 56'; e diffuse le oscillazioni progredendo da S.-E. verso N.-O. con una velocità media di 62 chilometri per minuto primo. L'altro urtava nel centro appennino in una linea da Perugia a Spoleto e Norcia alle ore 9 2' diffondendosi lungo l'asse appennino in due correnti opposte, dirette l'una verso l'Italia meridionale, l'altra verso la settentrionale. Da questa corrente centrale sull'asse montuoso diramavansi gli scuotimenti verso le rive dei mari, giun-

gendo quasi tutta ad un colpo sull'Adriatico in media alle 9 4 3/4 ed al Mediterraneo alle 9 6 1/2.

La vastità dell'area percossa dal terremoto e la coincidenza della oscillazione della costa Dalmata fa concludere all'autore doversi questo terremoto classificare fra gli appellati tellurici dallo Stoppani. Il Denza però in un articolo pubblicato su questo terremoto contradice al Serpieri; e poggiandosi anch'esso sui criteri dati dallo Stoppani, lo classifica fra i perimetrici. Intorno a questo punto ci occuperemo diffusamente più tardi.

Seguendo il Serpieri nello studio delle direzioni delle scosse, si vede a colpo d'occhio, esso dice, nella tavola generale delle direzioni, che tutte le stazioni prossime all'appennino comprese fra le latitudini di Velletri e di Firenze, ebbero il terremoto in due direzioni successive diverse. Inoltre aggiunge, che fra le due serie di scosse fu con certezza notato in circa 20 di quelle stazioni un intervallo di sensibile diminuzione e in qualche luogo anche di quiete. Perciò esser da dire che furono realmente due terremoti distinti, nel primo dei quali prevalse una direzione vicina alla linea di S.-E. e N.-O. e nel secondo la direzione di S.-O. a N.-E., cioè due direzioni incrociate ad angolo retto e perciò facili ad essere nettamente e sicuramente stabilite. A questa osservazione assai positiva l'autore confronta il risultato dello studio delle ore, e fa notare principalmente come tutte le stazioni da Rimini a Pescara, cioè una linea di 240 chilometri, ebbero il terremoto ad un colpo verso le ore 9 5', quasi che il terremoto, che fa soli circa 60 chilometri a minuto primo, fosse caduto come un fulmine su tutta quella linea, che vuole quattro minuti primi per esser percorsa longitudinalmente dall'onda sismica. Dunque, conchiude il

Serpieri, le onde non corsero il lido nella sua lunghezza, ma l'urtarono di fianco. Ed infatti risalendo coll'ora e colla topografia delle valli sulle linee di vibrazione, siamo condotti al centro già indicato di Norcia, Spoleto, Perugia. E qui l'autore entra nell'esame particolareggiato della orografia appennina ed italiana, mostrando la coincidenza fra le vibrazioni sismiche e lo scheletro delle fratture appennine e vulcanico appennine. Quindi considerando, esso conclude: « l'impeto fatto dalle forze vulcaniche contro le interne fratture, queste tendono a spaccare la mole delle terre sovrapposte ed adiacenti. Ma le giogaie col loro peso prontamente reagiranno contro gli urti laterali ed ondeggeranno avanti, indietro, allontanandosi ed avvicinandosi con alterna vicenda alla linea di frattura, compiranno cioè una serie di oscillazioni trasversali, che saranno la seconda fase del terremoto e si propagheranno per linee perpendicolari alla linea di frattura. E correndo perciò in direzioni fra loro parallele, arriveranno in tempi uguali a distanze uguali, sì che tutta una linea lontana parallela alla linea di frattura trabalzerà d'un tratto come percossa dal fulmine. Ecco spiegata, continua il Serpieri, la parte più maravigliosa del fenomeno, ed ecco insieme stabilita ai 12 marzo con un gran numero di dati sperimentali la legge di geologia dinamica, che il de Rossi raccolse pel primo dalle osservazioni sui terremoti laziali del gennaio 1873, e che formolò nella seguente proposizione: *Allo scuotimento di una linea di frattura segue l'ondulazione trasversale dei suoi labbri.* »

A tutto questo il Serpieri aggiunge una luminosa riprova dedotta dallo studio analitico di cento terremoti storicamente conosciuti ed avvenuti in Urbino. Le direzioni dei

quali ed i danni arrecati alla contrada confermano pienamente l'enunciata teoria. Questo studio storico del Serpieri è analogo a quello che abbiamo svolto nel capitolo precedente, dove abbiamo già usufruito dei lumi fornitici dal chiaro nostro collega sismologo.

CAPO VI.

ALTRO SAGGIO DI ANALISI E DI CARTA SISMICA NEI TRE MAGGIORI TERREMOTI ITALIANI DELL'ANNO 1874.

§ 1. *Introduzione.*

Nel resto del 1873 parecchi altri grandi terremoti avvennero in Italia fra i quali i massimi che sarebbero stati ottimi soggetti per ripetervi l'analisi secondo il metodo ora esposto, avvennero ai 29 giugno a Belluno, ai 12 luglio a Sora ed ai 17 settembre a Lucca. Sopra nessuno di questi tre furono potuti raccogliere i dati opportuni almeno in numero sufficiente e ciò dimostra l'importanza della rete da noi organizzata per gli studi della meteorologia endogena che allora appena cominciava ad essere ordita. Questi terremoti però non rimasero privi di relazioni scientifiche che furono poi utilizzate pure dal Gatta; ma ciò non ostante mancarono gli elementi per ripetere in quelli il lavoro fatto dal Serpieri sul fenomeno del 12 marzo.

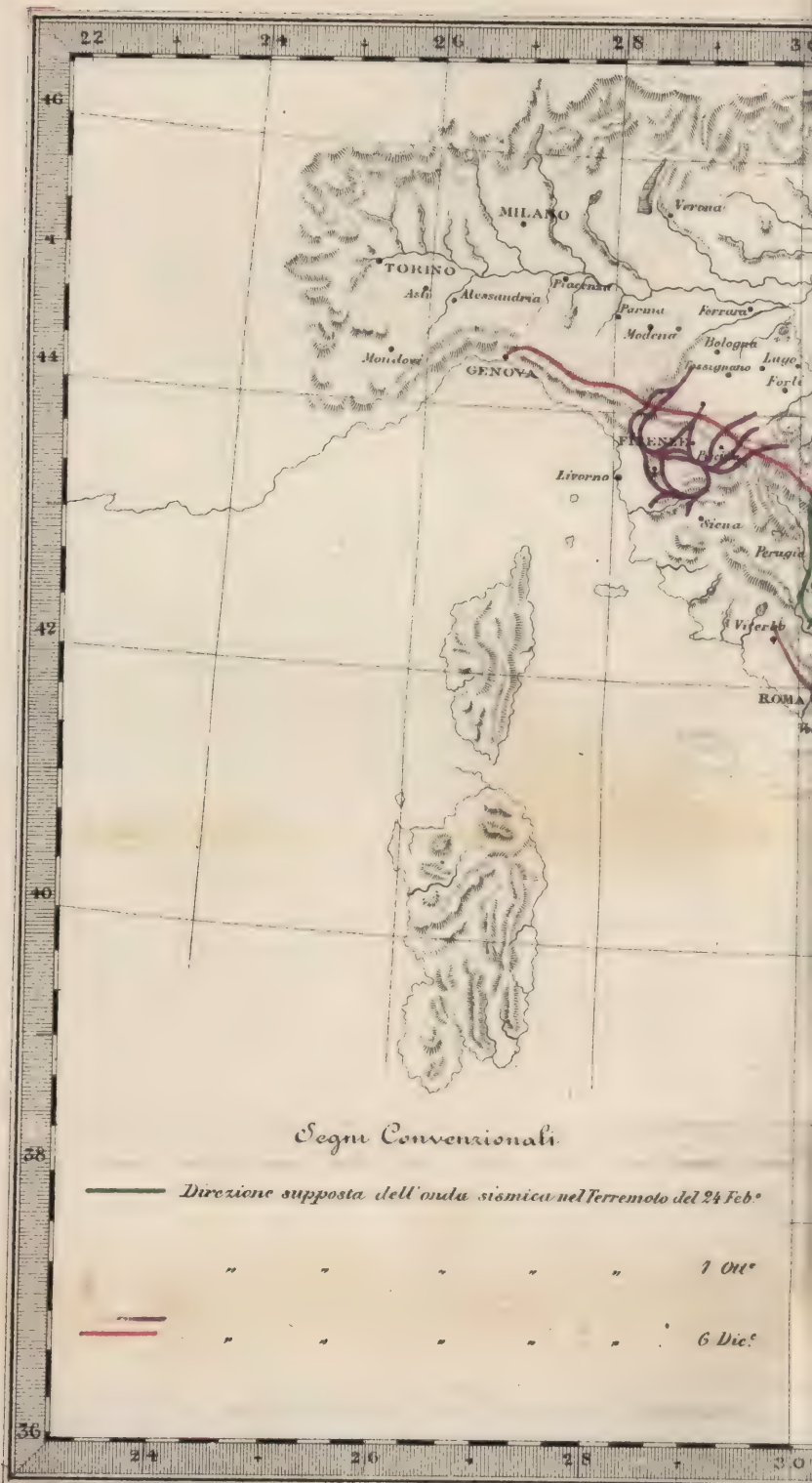
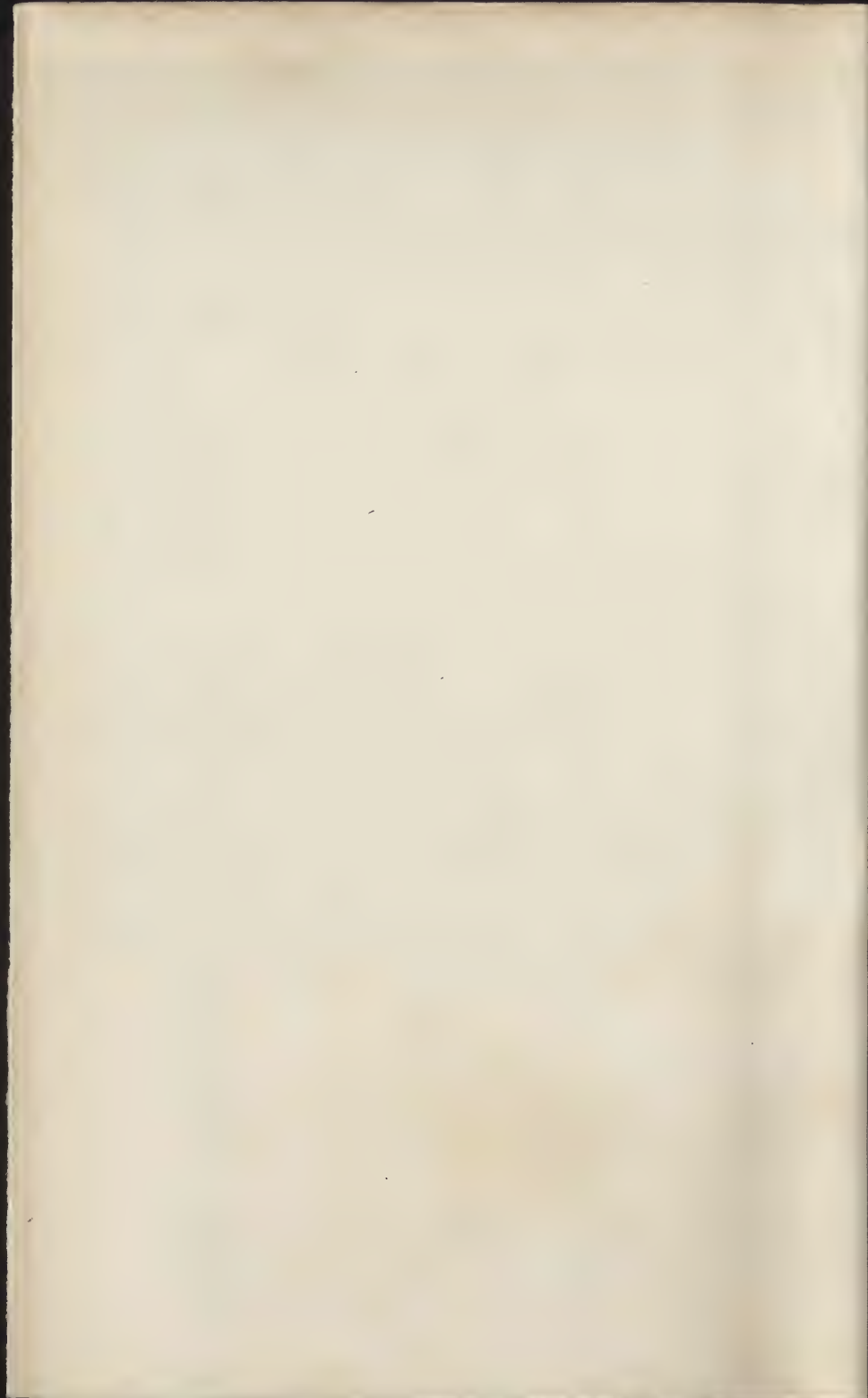
Nel seguente anno 1874 il mio bullettino era già nato e la corrispondenza sismica meglio organizzata ed attiva. Laonde io potei trarne un primo frutto analizzando le notizie raccolte sopra i tre maggiori terremoti di quell'anno quantunque essi fossero stati di gran lunga inferiori per

forza e per estensione a tutti i predetti del 1873. La mia analisi non mancò di fruttare dati nuovi importanti oltre alla conferma sempre più luminosa delle conclusioni raccolte prima da me e dal Serpieri.

Oltre a ciò mi fu dato di tracciare una vera carta sismica degli scuotimenti in ordine alla propagazione loro lungo le fratture dell'appennino. La quale carta costituendo un altro vero passo nei risultati delle analisi sismiche, quantunque non perfetta e perciò da me non pubblicata, trovò forse troppo indulgente favore nella stima fattane dal lodato capitano Gatta che volle pubblicarla nel già citato suo riassunto di sismologia.

In vista di tutto ciò non posso in questa opera non mostrare questo altro campione d'analisi sismica da me tentato nel 1874. A tale analisi dedicai una lunga memoria [1], nella quale pubblicai testualmente tutte le notizie congiunte alle loro note scientifiche quali mi erano state inviate da gentili corrispondenti e da dotti sismologi. Furono principalmente il Bertelli, il Malvasia, il Serpieri, il Berti, il Tozzoli, il Galli, il Nicolucci che mi fornirono la non piccola massa dei dati sui quali io potei lavorare. Tutte le suddette notizie io analizzai e confrontai fra loro in guisa da ricavarne i dati precisi. Sarebbe troppo lungo qui ripetere od anche riassumere il lavoro critico fatto sugli elementi delle notizie, lavoro che può da chi voglia essere consultato alla fonte della citata memoria. Qui riferirò i ragionamenti da me fondati sulle depurate notizie e prima di far ciò enumererò le qualità degli elementi che ho cercato definire e ricavare dalle notizie dei singoli luoghi.

[1] « *Analisi dei tre maggiori terremoti avvenuti in Italia nel 1874.* » *Atti della Pont. Acc. de' Nuovi Lincei*, ann. XXVIII.

CARTA SISMOGRAFICA
DEI TERREMOTI
avvenuti in Italia nei giorni 24 Febbrajo
7 Ottobre e 6 Dicembre 1874
secondo l'interpretazione
DEL PROF. M. S. DE ROSSI
TRIESTE
Udine
Pesaro
Ancona
Fermo
Chieti
M. Gargano
Campobasso
Foggia
Cassino
Terracina
Caserta
NAPOLI
Vesuvio
Brindisi
Cosenza
Messina
PALERMO
M. Etna
32
34
36
38
46
44
42
40
36
R. Gast inc.

Gli elementi adunque che come fece anche il Serpieri ho fissati per ciascun luogo di osservazione sono i seguenti: 1.° L'ora precisa del fenomeno in tempo medio di Roma per dedurne la velocità di trasmissione del moto. 2.° La direzione delle scosse, ossia l'orientazione delle onde sismiche sperimentate in ciascun luogo. Questo elemento delle direzioni delle onde sismiche sperimentate nei singoli luoghi, confrontate coll'orientazione delle fratture del suolo e coll'elemento prima stabilito delle ore, ci darà la topografia sismica, ossia ci porrà sott'occhi l'andamento preciso delle correnti sismiche irragiate dal centro unico. Con ciò verranno viemeglio poste in evidenza e sanzionate le suddette leggi meccaniche del terremoto nelle fratture. 3.° Ho stabilito la durata del fenomeno ossia il numero dei secondi che durarono le oscillazioni. 4.° Ho esaminato se vi fu romba antecedente, concomitante o susseguente il fenomeno. Dai due ultimi capi quantunque importanti non deduco per ora conseguenze, perchè troppo difficile, incerta e varia ne è la determinazione fra le notizie raccolte. 5.° Ho posto uno studio speciale a stabilire la forza ossia la intensità delle scosse per ciascun luogo. Intorno a questa materia il lettore ricorderà la scala convenzionale da me stabilita deducendola dagli effetti delle scosse. Di cotesta scala ho reso conto particolareggiato nel capo V del libro primo. La mira scientifica di questo secondo saggio di analisi ed il desiderio di non esser troppo lungo, mi consigliano di sopprimere in questi tre terremoti non solo l'analisi particolareggiata delle loro notizie, ma eziandio una qualsiasi sommaria descrizione di ciascuno di loro. Entro perciò direttamente nelle analisi delle topografie loro che poi riassumo in quadri sinottici. Le leggi sismiche che ne risultano saranno il frutto ubertoso della aridità del processo analitico.

§ 2. *Topografia del terremoto del 24 febbrajo 1874.*

I due elementi sui quali soli possiamo studiare la distribuzione topografica del terremoto ossia le vie dell'irraggiamento delle scosse sono l'ordine delle ore e la scala delle intensità. Riassumo perciò questi due dati in uno specchio

LUOGO	ORA	GRADO DI PRECISIONE	GRADO DI FORZA
Camerino . . .	7. 46′ 32″	P	5° — 6°
Macerata . . .	7. 46′	QP	6°
Calmurano . .	7. 46′	QP	6°
Aquila	7. 52′ 18″	P	6°
Urbino	7. 53′ —	P	4° — 5°
Roma	7. 53′ —	P	5°
Ripatransone	7. 54′ 04″	P	6°
Ancona	7. 55′ 46″	PR	4°
Ascoli	7. 59′ 28″	P	5°
Perugia	8. 00 —	PR	4°
Tivoli	8 ant.	circa	3°
Subiaco			
Velletri			
Frascati			
Amelia	molto prima delle 8 antim.		4°
Terni			

apponendo la lettera P alle ore ottenute con precisione, un QP alle quasi precise ed un PR alle soltanto probabili, trascurando del tutto quelle indicazioni che sopra ho dimostrato essere invalide.

Da questo specchio apparisce chiaro che la massima intensità del fenomeno fu quella del 6° grado della scala, che io appello semplicemente *forte*, e che questa forza massima verificavasi dove anche l'ora più bassa accennava essere stato il centro del primo scuotimento. L'esame delle ore facilmente addita eziandio, che da quel centro la propagazione del modo si diresse verso il Nord, il Sud, l'Est, e l'Ovest della penisola, ma con velocità diverse, perchè non giunse ad uguali distanze in tempi uguali, lo che a prima vista non sembra ammissibile. Un'altra apparente anomalia pure si rileva dal nostro specchio, ed è che l'intensità della scossa non decresceva in ragione diretta nè della distanza percorsa nè del tempo impiegato a percorrerla. Vediamo infatti parecchi luoghi o distanti dal centro come Aquila o percossi assai tardi come Ripatransone ed Ascoli aver sperimentato la forza del fenomeno pari o quasi pari al centro del medesimo. Queste anomalie meritano una speciale considerazione, dopo la quale si muteranno in altrettanti dati sommamente luminosi ad insegnarci il modo di agire e di procedere del velocissimo fenomeno. E qui mi giova prevenire il lettore, che le medesime conclusioni ed i medesimi trovati risulteranno dall'analisi successiva degli altri due terremoti maggiori del 1874.

Non possiamo dubitare che il terremoto si manifestasse nella parte superiore della Valle del Chienti fra Camerino, Calmurano e Tolentino. Esaminando le distanze in linea retta ossia in raggi da questo centro verso tutti i luoghi dei quali conosciamo più o meno esattamente l'ora in che giunse l'onda sismica, troviamo una tale assenza di legge qualsiasi ed una tale contradizione da rimanere veramente scoraggiti. Imperocchè noi troveremo distanze brevissime

corse in tempo lunghissimo e distanze assai lunghe percorse in tempo relativamente breve. Per esempio mentre ad Aquila distante in linea retta dai monti di Camerino intorno ad 80 Kil. giungeva il terremoto in 6′ minuti, a Roma che ne dista più di 120 Kil. giungeva in soli 7′ minuti; ed a Ripatransone che ne dista soli 40 o 50 arriva dopo 8′ minuti. Senza dilungarmi nella enumerazione, lo specchio che segue delle distanze mette in evidenza la incredibile anomalia.

Ma poichè nello specchio io voglio presentare contemporaneamente l'anomalia colla sua soluzione, voglio premettere al medesimo alcune considerazioni. Più volte nei miei passati lavori ed in questo con molti argomenti ho mostrato quanto verosimile sia la teoria di quei geologi, che riconoscono nella rete delle fratture della crosta terrestre l'apparato di circolazione della causa del terremoto. In questo apparato di circolazione parmi che si debbano distinguere le arterie dalle vene, ossia le maggiori dalle minori fratture, cosicchè vi siano in questo apparato tellurico i vasti ed i piccoli meati sotterranei, come vi sono le vaste e le ristrette valli alla superficie esteriore. Le linee delle grandi creste dei monti formanti d'ordinario l'asse d'un sollevamento montuoso corrispondono anche ad una grande frattura e sono un grande asse di dislocazione. Le valli maggiori dei principali corsi dei fiumi tanto rettilinei quanto serpeggianti fanno capo a siffatte creste dell'asse maggiore del sollevamento, formando con esso almeno nel cominciamento un angolo retto. Se è vero che il terremoto si trasmette per le fratture così disposte, egli è chiaro che non seguirà le rette linee dei raggi dal suo centro di diffusione, ma dovrà serpeggiare principalmente e con maggiore celerità nelle

grandi fratture assiali e propagarsi da queste nelle secondarie che vi fanno capo, e poscia penetrare in quelle di terzo ordine, estinguendosi infine nelle ultime come in vene capillari. Questo concetto, come abbiam visto, io proposi nel 1873 allorchè esaminando la direzione delle onde sismiche nei terremoti laziali le trovava mai sempre normali o parallele agli assi delle fratture locali. Poscia il Serpieri confermava e luminosamente poneva in evidenza questo medesimo concetto nella maravigliosa analisi, che egli seppe fare del grande terremoto del 12 marzo. In quel vastissimo terremoto mediante il duplice confronto dell'ora e delle direzioni delle scosse, il lodato autore riconobbe essere stata scossa dapprima una parte della zona assiale apennina e poscia essere stato propagato il moto diviso in altrettante correnti quante catene e valli dirigevansi dalle creste centrali dei monti verso i lidi dei due mari Tirreno ed Adriatico. La vastità di quel grande terremoto permise al Serpieri di confermare la mia teoria con una anche vasta applicazione, ed a lui dobbiamo la fruttuosa idea di ritrovare la topografia del terremoto nell'analisi del tempo, dentro il quale giungevano le scosse ai due lidi marini.

Ora però il piccolo ed insieme esteso terremoto del 24 febbraio, ci presenta un fenomeno che colle sue limitate proporzioni permette di esser seguito nel suo progressivo corso nelle fratture principali e nel suo passaggio particolareggiato dalle principali alle secondarie. Questo studio, mentre conferma luminosamente che l'apparato di circolazione del terremoto sono appunto le fratture del suolo, ci renderà ragione del perchè in tempi eguali l'onda sismica non giungeva ad eguali distanze di linea retta, mentre percorreva invece le linee serpeggianti ed angolose delle

fratture. A persuadersi della verità di cotesto fatto basta osservare come non può avvenire a caso che la confusione e la niuna regolarità di velocità che trovavamo calcolando la trasmissione in linee rette scomparisca del tutto, dando luogo invece alla comparsa di una legge uniforme di trasmissione per ciascuna corrente, purchè la guidiamo nelle vie delle fratture secondo il loro ordine. Lo specchio che segue servirà di dimostrazione parlante.

Nel promesso specchio, una colonna è dedicata a dinotare le distanze lineari a raggio diretto dal centro del terremoto, cioè dai monti di Camerino e Valle del Chienti. Una seconda esprime le distanze calcolate sulla via della frattura assiale appennina e sulla derivata della valle o catena sulla quale sta situato il luogo paragonato. Una terza addita la medesima distanza per un altro giro che avrebbe potuto fare l'onda sismica dentro le fratture per giungere a quel medesimo luogo. E l'una e l'altra di queste due serie di calcolazione di distanza avranno a lato la indicazione coi nomi topografici delle catene e delle valli sul cui asse è calcolata la distanza che si riferisce.

Da questa duplice via che nella rete delle fratture principali si può supporre esser stata percorsa dall'onda sismica, risulterà un altro dato importantissimo, che sciogliendo una difficoltà si converte contemporaneamente in novella prova della teoria esposta, colla quale stabiliamo nelle fratture l'apparato di circolazione e di trasmissione del terremoto. Nell'analisi delle notizie ho avuto molta cura di stabilire il grado di intensità delle scosse. Da questo esame, come ho già detto, risultò che la forza massima del terremoto non si verificò soltanto nel centro del medesimo, ma anche in altri punti diversi da quello o per di-

stanza di luogo, come fu in Aquila, o per tardità di ora, come fu in Ascoli e Ripatransone. Furono urtati il primo dopo 13' minuti ed il secondo dopo 8' minuti. Non può essere, a mio avviso, un caso fortuito che questi soli tre luoghi appunto fra tutti gli esaminati, come furono i più violentemente percossi, così pure si trovino in una speciale condizione topografica fra le fratture principali del suolo. A cagione della loro posizione fra le screpolature avviene che in ambedue le vie per le quali potea loro giungere il grosso dell'onda sismica dal centro comune del movimento, risulta uguale la distanza da percorrere. Quindi è lecito non solo ma anche assai ragionevole supporre che in quei luoghi avvenisse l'incontro delle correnti sismiche partite dal centro comune per due canali diversi. Egli è perciò indubitato che un tale incontro dovette rafforzare la forza impulsiva, creando quasi un nuovo centro di irradiazione di un urto parimenti novello.

Ma nel seguire, come faccio, il terremoto lungo le fratture, sono dolente che la scarsità delle notizie non mi permetta di determinare meglio le velocità nei singoli tronchi della propagazione, ossia di stabilire le differenze di velocità concepite dalle onde sismiche nei tratti primarii e nei secondarii. Dallo specchio risulterà che il terremoto in alcune direzioni, che potremo chiamare primarie, corse colla velocità di circa 20 chilometri al minuto; e che nei tratti secondarii si svolse con altra prossima a 10 chilometri per minuto. Nel terremoto del 6 dicembre, che poscia esaminerò, ho potuto verificare che dove l'onda sismica lasciando la frattura principale dividevasi e si diramava in corsi secondarii, perdeva anche la velocità iniziale e diveniva più lenta. Che il medesimo possa essere avvenuto nel ter-

remoto del 24, possiamo non solo supporlo per analogia, ma eziandio vederne un indizio nell'ora che appunto a noi parve incerta di Amelia e Terni. L' ora di questi luoghi data dal Patrizi come presa al t. m. di Roma e senza particolari garanzie di esattezza, mi sembrò incerta per fondarvi ragionamento. Solo potei dedurne che Amelia fu urtata assai prima di Roma. Ora aggiungerò che quell'ora così bassa indica che fu anche assai prossima a quella di Camerino. Esaminando infatti sulla carta la posizione di Amelia, si vede che essa si trova sul fiume *Grande*, e presso alla sua foce nel Tevere; oltre a ciò sta pure poco lungi dalla foce del Nera sul Tevere medesimo. In una parola, Amelia è vicina al primo incrociamento delle fratture principali e per conseguenza al primo possibile diramarsi dell'onda sismica, che nel 24 febbraio scendeva da Camerino per la frattura e valle del Nera. Ben potè dunque avvenire che in quel primo tratto la velocità dell'onda sismica superasse di molto i 20 chilometri al minuto; e perciò ad Amelia potè giungere il terremoto pochi momenti dopo la sua partenza da Camerino. Se avessi dati potrei e dovrei verificare questo medesimo fatto per la corrente, che seguendo la frattura della cresta degli appennini, si divideva nelle valli derivate da quelle creste per giungere ad Aquila colla velocità media di 20 chilometri, e ad Ascoli e Ripatransone con quella di 10 chilometri. Ma poichè la corrente che giunse ad Aquila per un tratto dovette correre unita a quella che giunse ad Ascoli, la velocità mutò nel biforcamento e divenne assai meno di 20 chilometri verso Aquila come minore di 10 chilometri verso Ascoli. E qui non sarà senza interesse nè inutile l'aggiungere che, misurata sulla carta la lunghezza del tratto percorso dall' onda sismica

verso Aquila per la cresta dei monti prima di entrare nella valle speciale derivata dal fiume Aterno, e misurata del pari la lunghezza dell'altro tratto di corrente pervenuto ad Aquila per la frattura del Nera prima di entrare nella valle speciale del Velino, trovasi piccolissima differenza di lunghezza fra le due fratture; lo che rende anche ragione dell'ugual tempo impiegato nelle due vie per incontrarsi le due correnti sotto Aquila.

L'ultimo elemento nel quale io debbo cercare la luce nell'oscuro argomento, è l'analisi delle direzioni sperimentate nei singoli luoghi dalle onde sismiche. Nel gennaio 1873, trovai nei terremoti laziali che la direzione di esse onde era costantemente parallela o normale, ovvero successivamente l'una e l'altra verso l'asse della frattura vulcanica locale. Da questo fatto dedussi la ormai nota legge meccanica del terremoto, che cioè esso scuote le fratture del suolo o parallelamente al loro asse o normalmente al medesimo, perchè la forza endogena, la quale è causa del terremoto, mentre spinge verticalmente gli strati, è obbligata dalla resistenza dei medesimi a diffondersi orizzontalmente lungo la via aperta nella frattura. Ma la forza interna nel tentativo verticale aprendo e sollevando i labbri della frattura, li obbliga a vibrare massime dopo l'urto ritornando all'equilibrio. Donde può dirsi che *allo scuotimento di una linea di frattura corrisponde la vibrazione dei suoi labbri.*

Questa legge da me rinvenuta, trovò un'altrettanto luminosa quanto cortese conferma nell'analisi più volte citata fatta dal Serpieri sul terremoto del 12 marzo 1873. Questi trovò nella rassegna delle direzioni sperimentate nei singoli luoghi, che dal centro appennino diffondendosi le cor-

renti sismiche lungo le valli, producevano più o meno sensibilmente onde parallele e normali agli assi delle valli medesime.

Volendo confrontare le notizie sulle direzioni delle onde sismiche verificate nei singoli luoghi ai 24 febbraio colla orientazione degli assi delle relative fratture locali, troverassi per ciò una speciale divisione nel quadro seguente (pag. 294-295).

Riassumendo adunque i risultati tutti della svolta analisi concludiamo che ai 24 febbrajo 1874 un impulso sismico urtò assai presso le creste appennine nella regione di Camerino ossia nell' alta valle del Chienti. Da quel punto le correnti sismiche irragiarono all' intorno intromettendosi nelle fratture e si diressero in grossi volumi entro le principali, cioè lungo le creste dei monti Sibillini, nella valle del Nera ed in quella del Chienti. Dalla valle del Chienti la corrente penetrava nella grande frattura sinclinale appennina parallela al lido Adriatico e da quella rimontava le fratture e valli derivate dall' alto appennino centrale. Quivi incontravansi fra loro le correnti sismiche minori che dipartite dal comune centro ed avviate nella frattura della cresta assiale dei monti sibillini, deviavano a sinistra discendendo verso l'Adriatico. Nei luoghi ove avveniva l'incontro delle due correnti si sperimentava una intensità di scossa simile alla patita nel centro primitivo del fenomeno. La velocità media in questa porzione risultò di kil. 10 per ogni minuto primo. L'altra porzione di corrente avviata per la frattura del fiume Nera giunta agli incrociamenti delle valli e fratture del Velino e del Tevere suddividevasi in parecchi altri rami. Uno di essi giungeva ad Aquila in coincidenza forse con una porzione di corrente sismica discesa direttamente dalla pro-

lungazione delle creste appennine per la valle del fiume Aterno giungendo in Aquila colla velocità media di Kil. 20 a minuto per ambedue le vie. Un' altra ramificazione della corrente scesa sotto il Nera suddivisa anche essa in due, da una parte saliva la valle Tiberina urtando Amelia e poscia forse Perugia dove giungeva colla velocità di Kil. 10 a minuto; dall'altra parte discendeva la medesima valle Tiberina con maggiore energia e volume arrivando a Roma colla velocità simile a quella di Aquila cioè percorrendo chilometri 20 a minuto.

Questi furono gli andamenti delle correnti dirette a Levante ed a mezzodì. Della corrente diretta a settentrione conosciamo bene solo la porzione incamminata verso Urbino, la quale fu assai debole e giunse a quella città percorrendo 10 chil. a minuto. Questa passò probabilmente prima per un tratto della cresta assiale appennina sotto i monti *Penna* e *Cucco*, e poscia abbandonando la detta cresta presso il *Cattria* incamminossi verso Urbino guidata dalla frattura del Furlo ossia del fiume Burano ramificandosi anche nei suoi affluenti. Che sia stata questa la via verso Urbino parmi abbastanza indicato dalla mancanza di notizie del terremoto nel seguito della cresta appennina in Toscana dove perciò non sembra giunta veruna delle correnti principali, ed inoltre dall' esser cotesta la via reggia delle fratture in quella direzione, e finalmente dalla distanza regolare che corrisponde alla velocità di chilometri 11 a minuto che è appunto la velocità sperimentata in questo terremoto per le correnti più deboli, mentre le più energiche percorsero chilometri 20 a minuto. Abbiamo anche una controprova non molto valida ma pure non dispregevole per supporre che la poca corrente venuta a settentrione non oltrepas-

SPECCHIO *degli elementi certificati nell'analisi per ricono[...]*
nel terremot[...]

Luoghi dai quali si ebbero le notizie	Ora dell'arrivo delle scosse in t. m. di R.	Minuti di differenza dal centro sismico stabilito verso Camerino.	Distanza dal centro in linea retta e conseguente velocità dell' onda sismica per ogni minuto primo.	Distanze dal centro sismic[o se]condo gli assi delle fratture [prin]cipali derivati dalle crest[e dei] monti e conseguente velocit[à del]l'onda sismica per ogni m[inuto] primo.
Camerino.	7. 46′ 32″	0	0	—
Macerata	idem	0	0	—
Calmurano. . . .	idem	0	0	—
Roma	7. 53′	7′	kil. 120 = 18	—
Frascati.	—	—	—	—
Velletri	—	—	—	—
Subiaco.	—	—	—	—
Tivoli	—	—	—	—
Aquila	7. 52′ 18″	6′	kil. 80 = 13	Per i monti Sibillini e[...] scia per la valle de[...] terno si svolgono kil[...] tri 120 = 20.
Ancona.	7. 55′ 46′	9′	kil. 55 = 6	—
Ripatransone . .	7. 54′ 54″	8′	kil. 45 = 5 1/2	Per i monti Sibillini e[...] scia per la frattur[a] Monte Regina e vall[e] l'Aso e del Tesino [...] circa kil. 90 = 11.
Ascoli.	7. 59 28″	13	kil. 40 = 3	Per i monti Sibillini e[...] prolungamento e p[...] per la valle del T[...] circa kil. 140 = 11.
Urbino	7. 53′	7′	kil. 70 = 10	Per il monte Penna e C[...] e poscia per la vall[e] Burano e suoi conf[...] sono circa kil. 80 = [...]
Perugia.	8. 00′ 7. 55′	14′ 9′	k. 50 = 4 } circa k. 50 = 5 }	Per la valle della N[...] poscia risalendo [...] del Tevere si svo[...] circa kil. 140, così la [...] cità viene in 14′ = 10, [...]

fratture del suolo la topografia e la velocità delle correnti sismiche ebbraio 1874.

...nze dal centro sismico se... ...ndo gli assi di altre fratture ...ncipali non derivate dalle cre... ... dei monti, e conseguente ve... ...ità delle onde sismiche per ...ni minuto primo.	Direzione delle onde sismiche.	Orientazione degli assi delle valli. Fratture per ciascun luogo.	Grado dell'intensità
—	O.N.O.—E.S.E.	*Chienti* N.N.E.—S.S.O.	6°
—	S.E.—N.O.	*Chienti* S.E.—N.O.	6°
—	S.S.E.	Vi è un affluente del *Chienti* diretto da S.S.O. La notizia provenendo da giornali dubito errata e che debba correggersi E.S.E.	6°
la valle della Nera e ...scia per quella del Te...re si svolgono circa ki...metri 140 = 20.	NO-SE e SO-NE	*Tevere* N.O.—S.E.	5°
—	S.O.—N.E.	*Frattura vulcanica laziale* diretta N.O.—S E.	3°
—	N.—S.	*Id.*, N.-S. ed altra N.O.-S.E.	3°
—	N.O.—S.E.	*Aniene* N.O.—S.E.	3°
—	N.O.—S.E.	*Id.*, N.O.-S.E. ed altra N.-S.	3°
la valle della Nera e ...scia del Velino e del ...ajo sono kil. 120 = 20.	E.—O. e N.—S.	*Rajo* ed *Aterno* E.—O.	6°
la valle del Chienti e ...scia per la frattura sin...nale adriat. si svolgon circa fra k. 90 e 100 = 10.	S.O.—N.E.	*Frattura sinclin.* N.O.-S.E.	4°
la valle del Chienti e ...scia per la frattura sin...inale e dipoi rimontan...o l'Aso o Tesino circa ...il. 90 = 11.	—	—	6°
la valle del Chienti e ...scia per la frattura sin...inale e dipoi rimontan...o il Tronto circa kilo...etri 140 = 11.	—	—	5°-6°
le valli dell'Esino e suoi ...aralleli e poscia per la ...attura sinclinale e ri...ontando il Burano si ...volgono almeno kilome...i 150 = 20 e più.	N.13NE.a S.13SO	*Metauro* S.O.—N.E. e frattura del Furlo N.N.E.—S.S.O.	4°
la cresta dei monti fin ...erso la regione del Cat...ia e poscia per la valle ...el Chiascio sono circa ...il. 90, e così la velocità ...iene = 11'.	—	—	—

sasse poderosamente la regione del Cattria sulla cresta e si riversasse quasi tutta nella valle del Burano. Imperocchè appunto presso il Cattria un'altra frattura diretta a ponente e portante il fiume *Chiascio* potè guidare da questa parte la scossa verso Perugia dove se giunse alle 8 arrivò molto rallentata avendo percorso solo 7 chilometri a minuto: e se giunse come è più probabile alle 7 55', arrivò colla velocità stessa colla quale si diresse ad Urbino, cioè di 11 chilometri a minuto. In ogni modo adunque questa corrente settentrionale fu assai meno veloce della meridionale che corse con doppia celerità, e ciò torna a dimostrare che il terremoto non sfogò la sua forza verso il settentrione, ma solo verso il mezzogiorno della penisola.

Gli altri dati relativi alle condizioni meteoriche ed altro, in mezzo alle quali avvenne il terremoto, saranno esaminate nel 2° volume cumulativamente per tutti i terremoti che formano l'oggetto del presente lavoro.

§ 3. *Terremoto del 7 ottobre 1874.*

Profitto per questa seconda analisi in modo più speciale dei risultati ottenuti dal Bertelli nella sintesi delle notizie da lui raccolte e dai dati sperimentali attinti dai suoi ingegnosissimi apparecchi, secondo che vedesi per disteso nella citata mia memoria. Parmi però dopo matura riflessione e col confronto di simili indagini fatte altre volte e sopratutto in questo medesimo capitolo intorno al terremoto del 24 febbrajo, parmi, dico, di poter precisare meglio la topografia sismica di quel giorno: e mediante l'aiuto delle benchè poche ore bene accertate, stabilirne la velocità precisa delle singole correnti: e finalmente compilando uno

specchio simile al presentato pel 24 febbrajo aggiungere col secondo esperimento una prova novella confermante la teoria che riconosce nelle sole fratture del suolo l'apparecchio di trasmissione del terremoto.

Già nel fascicolo di ottobre 1874 del bullettino del vulcanismo italiano in un articolo che intitolai: *Prime notizie sul terremoto* del 7 ottobre, proposi e previdi i principali risultati della futura analisi, nei quali convenne, come si è visto, anche il Bertelli. Riconobbi allora come adesso il centro dell'impulso nelle creste appennine presso Marradi [1]. E veramente senz'altro ragionamento di ciò non può dubitarsi, troppo evidentemente risultando dal doppio dato riunito della massima intensità coll'ora più bassa. Ma partendo da questo centro, quali saranno state le vie e quali le velocità della trasmissione del moto? Il Bertelli ha rettamente indicato ciò che chiaro apparisce dai dati raccolti, che cioè la scossa si diffuse più verso la Romagna che verso la Toscana, ma sospende poi lo spinoso esame delle ore, dal quale si dovrebbero meglio definire i passi del terremoto. I buoni risultati ottenuti di sopra per il fenomeno del 24 febbrajo mi incoraggiscono a ripetere la prova per questo. Veggasi lo specchio delle notizie fatto col medesimo sistema e si troverà che i pochi elementi che possediamo sono già sufficienti ad insegnarci la via del terremoto. Da quello specchio apparisce che se dalle creste appennine presso Marradi scosse alle 4 44′ pom.; supponiamo il terremoto giunto per via diretta a Bologna, a Modena, a Modigliana, a Forlì ed a Firenze, niuna uniformità di velocità nelle onde potremo riconoscere per nessun verso. Se al contrario

[1] V. An. 1874, Fascicolo IX e X, pag. 136.

noi seguiremo l'andamento delle fratture ed in queste supporremo aver corso le onde sismiche, appariranno due sole essere state le velocità di questo terremoto: e similmente a quanto trovammo pel 24 febbrajo, troveremo le onde sismiche diffuse colla velocità di chil. 20 a minuto nella regione dove più e con maggior forza si estese, cioè verso la Romagna; e vedremo avviate le altre onde più deboli verso la Toscana colla velocità di soli chil. 10 a minuto. La esatta coincidenza del risultato circa la velocità per due terremoti non molto dissimili fra loro per intensità, formano un bel principio nell'indagine delle leggi sismiche. E qui vedendo come la scala delle ore e delle intensità proceda spontaneamente regolare quale la rappresento nel quadro, mi permetto di modificare alquanto un giusto pensiero esposto dal Bertelli nella sua nota. Egli ben vide che in Bologna la scossa fu per intensità alquanto superiore alla proporzionata per la distanza e perciò suppose, come io ho già dimostrato di sopra per Aquila, l'incontro di due correnti. Perciò ha creduto che una delle due correnti fosse la derivata dalle creste montuose per le valli del Santerno e sue parallele e poscia da queste per la via Emilia; e che questa corrente confluisse in Bologna colla discesa dalle medesime creste de' monti per la valle del Saveno. Ma osservando bene tutto ciò sulla carta, troviamo prima di tutto non definibile il preciso punto d'incrociamento nella pianura fra le fratture-valli del Santerno con i suoi simili e la nascosta frattura sinclinale parallela alla via Emilia. Ma quando anche si potesse ben definire che questa non dista molto dalla via Emilia, la linea di distanza che ne risulterebbe fra le creste appennine presso Marradi e la città di Bologna sarebbe troppo più lunga dall'altra passata per la valle

del Saveno, sicchè l'incontro non potrebbe avvenire presso Bologna, supposta la medesima velocità per ambedue i bracci della corrente. Che se invece osserviamo, come fa anche il Bertelli, riunite in Bologna appunto le due vallate vicine del *Saveno* e del *Reno*, troveremo misurandole che con simile lunghezza di cammino le due correnti venute per la frattura-valle del *Reno* e per la frattura-valle del Saveno possono essersi riunite sotto Bologna, eccitando ivi appunto uno scuotimento maggiore di quello che ciascuna corrente isolata produsse nella propria frattura. Questo modo di vedere spiegherebbe anche il perchè a Porretta, che è sulla valle del Reno e più prossima che Bologna alla sommità appennina, sentissi il terremoto assai più leggermente che a Bologna. Questo stesso caso pare a me ed al Bertelli essere avvenuto a Gaggio del Piano, distante solo 4 miglia da Modena. Ivi il terremoto fu certo *fortissimo*, mentre nella vicina Modena e tutto all'intorno fu invece debolissimo. Anche Gaggio, come Bologna, trovasi sul confluente di due vallate provenienti dai monti; l'una è quella del Panaro, l'altra è di un torrente che si inoltra assai verso alcune creste direttamente diramate dall'asse appennino di quella regione. E questo modo di spiegare il fatto delle forze riprese dal terremoto localmente in punti distanti dal centro per effetto di confluenza di correnti sismiche, trova, a mio avviso, una conferma luminosa nel fatto contrario dei luoghi, che rimangono esenti dalle scosse in mezzo alla regione del terremoto. Appunto non lungi da Gaggio del Piano e non lungi pure dalla vallata del Panaro, abbiam fra le notizie Castelvetro del tutto esente dal terremoto, mentre Campiglio e Vignola, che gli stanno dappresso, lo avvertirono sensibilmente. I nominati paesi di Vignola e Campi-

glio sorgono sulla sponda sinistra del Panaro, che già abbiamo detto dover essere stato una delle arterie del terremoto. Al contrario però Castelvetro è situato abbastanza interno a monte del piccolo torrente *Guerro* affluente del Panaro e che molto non ramifica internato sui monti. Se la corrente sismica correva giù per la frattura del Panaro, dovea giungere a Castelvetro risalendo il torrente *Guerro* dal suo imbocco nel Panaro dirigendosi verso le sorgenti. Dovea dunque penetrarvi una corrente derivata già di terzo o quarto ordine. Questa corrente vi si sarà certo intromessa, ma già tanto affievolita e scarsa, da non produrre effetti sismici sensibili.

Il medesimo io credo avvenuto in quella regione che il Bertelli chiama zona fiesolana di quiete sismica. La valle sotto Fiesole non fa parte della frattura principale che per l'Arno, e la Sieve fa capo alle creste montuose presso Marradi, ossia presso il monte Guerrino. Perciò anche qui la causa dello scuotimento non potea, a mio avviso, discendere dal monte, ma dovea salire dall' incrociamento di questa valle coll'alveo dell'Arno. Le medesime condizioni geologiche-topografiche riscontriamo nell'altro tratto di suolo additato come eccezionalmente tranquillo da Calenzano al monte Morello presso Prato. Quel tratto non è altro che l' alto tronco d' una valle-frattura che muore fra i monti senza legarsi direttamente alle creste, dove perciò l'onda sismica supposta incamminata per la frattura-valle dell'Arno dovea mandare un getto laterale per investire quella valle. Ma noi abbiam visto nelle notizie, ed il Bertelli ha ottimamente dimostrato, che la corrente sismica era già debolissima nella valle dell'Arno dopo Firenze dileguandosi dopo Empoli, e che appena scuoteva Prato e Pistoja per

mezzo delle valli del Bisenzio e dell'Ombrone. E qui taluno potrebbe oppormi che la valle dell'Ombrone ed alcune ramificazioni del Bisenzio si addentrano abbastanza presso ai monti alti per riceverne direttamente la corrente sismica; tanto più che secondo appunto la nostra topografia del terremoto, avendo dimostrato che la corrente sismica dalle creste dei monti si è riversata nella valle del Saveno e del Reno verso Bologna, e del Panaro verso Modena, l'abbiamo guidata in grande prossimità di quelle estreme lacinie di quei bacini fluviali. Qui per altro faccio riflettere che io non nego punto che l'Ombrone abbia potuto ricevere una parte di corrente dai monti, ma non lo credo probabile, avendo visto che la tendenza di questo terremoto fu tutta unita nel riversarsi al nord, cioè nel versante Adriatico, e solo una meschina porzione ne discese dal centro dell'azione presso Marradi per la valle della Sieve verso Firenze. Mi conferma in questo giudizio il caso simile che veggo avvenuto a Fiumalbo sull'alto Appennino modanese, cioè nella regione stessa dove abbiamo visto essersi diretta con maggiore energia la corrente sismica. Fiumalbo non sentì punto la scossa, quantunque sia prossimo alle sommità stesse formanti la frattura, sotto la quale necessariamente passò l'onda sismica. Ma si osservi come questo paese sia collocato presso una valle montana, e perciò sopra una frattura di terzo ordine e che non giunge considerevolmente ampia alle somme creste. Dunque anche in Fiumalbo si verificano le condizioni stesse topografiche che vedemmo a monte Morello e Castelvetro, quantunque sia assai prossimo alla frattura centrale appennina; e perciò ci è lecito di intravvedervi la medesima ragione che possa averla esentata dallo scuotimento.

Insomma, senza più dilungarmi, io credo che i fatti raccolti abbastanza evidentemente concludano a dimostrare il giuoco unico del terremoto nelle fratture del suolo. Dopo il quadro descriverò nel riassunto tutta la topografia precisa che abbiamo diffusamente ricomposta in questa analisi e sintesi.

Ma prima di lasciar l'esame sintetico dei dati, credo non senza importanza il ripetere con qualche aggiunta alcune considerazioni che accennai nel *Bullettino* sopracitato, sulle prime notizie pervenuteci del fenomeno. Queste considerazioni si riferivano alle relazioni del terremoto Toscano e Romagnolo del 7 ottobre col rimanente della penisola, e specialmente io proponeva alcuni punti di studio relativi alla probabile sua importanza tellurica. I nuovi dati raccolti non hanno di molto arricchito gli elementi per chiarire quei punti; vi hanno però aggiunto qualche cosa, e stimo perciò opportuno ritornarvi sopra, non già per concludere positivamente, ma per eccitare di nuovo l'attenzione dei dotti sopra queste mire della mia indagine.

Esaminate le notizie al punto di vista topografico, oltre alle cose già ragionate, esse ci fanno vedere che questo terremoto ebbe almeno due centri di partenza diversi e contemporanei, l'uno nella media Italia per le creste appennine presso Marradi, e l'altro nella meridionale in Sicilia verso Messina, perchè la porzione intermedia della penisola fra questi due punti non si scosse menomamente per quanto sappiamo. Alle 4 20′, cioè poco prima della scossa, io faceva le osservazioni microsismiche in Rocca di Papa, e niuna straordinaria agitazione trovai nei pendoli che prenunziasse una prossima oscillazione sismica, lo che però non avvenne a Bologna al Malvasia, nella regione cioè del

terremoto. Oltre a ciò niuno avvertì quella scossa, nè i sismografi a sabbia mostrarono traccia veruna. Del pari a Velletri e Frascati, dove il Galli ed il Lavaggi attendono alle osservazioni sismiche, nulla fu notato da poter riferire a quell'ora come poscia apparirà. Dunque similmente a ciò che il Serpieri trovò nel 12 marzo, sarà avvenuto forse anche questa volta, cioè un terremoto che irrompe contemporaneamente in due punti. La regione intermedia però, che rimase tranquilla nello scuotimento delle 4 45' del giorno 7, non era estranea alla tempesta sismica di quei giorni. La scossa del 7 alle 4 44', fu seguita in Marradi da parecchie altre scosse fino alle prime ore del mattino del giorno 8, e queste furono avvertite anche a Velletri, presso Roma. Specialmente fu sentita quella delle 4 10' ant. e perciò dovette essere questa che lasciò la traccia trovata dal Galli nel sismografo alle 6 ant., non l'altra delle ore pomeridiane del giorno 7 che niuno avvertì. Ma intorno alle oscillazioni osservate in questi giorni a Velletri, amo riferire ciò che me ne scrisse il Galli medesimo: « Velletri, « 12 ottobre 1874. — Da parecchi giorni non posso osser- « vare molto frequentemente i pendoli sismografici. Ogni « giorno però fo almeno un'osservazione alle 6 del mattino. « Or bene, a quell' ora nei giorni 6, 7 e 8 del corrente ot- « tobre trovai sempre una distintissima traccia lunga un « millimetro circa e diretta costantemente nel verso del « meridiano. Da principio dubitai se quelle tracce dovessero « attribuirsi a vere scosse o piuttosto a sole oscillazioni « sismiche, perchè in quei giorni osservai qualche volta i « pendoli e li trovai più o meno oscillanti sullo stesso senso; « ma l'aver poi saputo che alcune persone s'accorsero ve- « ramente di più d'una scossa, m'ha determinato a ritenere

« quelle tracce per effetto di veri terremoti. Anche adesso « (7 30′ pom.) i pendoli oscillano da nord a sud, e trovo « una traccia che è evidentemente più estesa verso il sud. »

Da queste notizie chiaro apparisce che il cratere di Velletri era compromesso ed agitato nel periodo sismico, che ebbe il suo massimo nel pomeriggio del 7 ottobre, quantunque la scossa maggiore non l'urtasse poi sensibilmente. Ed è curioso il notare che nella vicina Rocca di Papa, dove io mi trovava, nulla si risentiva di ciò che a Velletri avveniva in quei dì. La ragione di ciò sta forse in alcune disposizioni del suolo, la cui influenza sembra essersi questa volta manifestata con molta probabilità, come ora riferirò.

Ponendo mente in un modo speciale alle direzioni sperimentate nelle onde sismiche di questo terremoto, mi sembra vedere che la massima sensibilità del fenomeno siasi sperimentata dove le valli erano dirette dal nord al sud, ovvero dall'est all'ovest, ed esser queste le direzioni dominanti delle scosse più intense. Anche nel citato fascicolo del mio *Bullettino* ho avuto occasione di osservare esser queste direzioni le prevalenti nei moti sismici del periodo che allora trascorrevamo, ed esser queste direzioni le normali e le parallele alle fratture, nelle quali vedevamo stabilita l'attività eruttiva dell' Etna. Non vi sarà anche in questo fatto un nuovo elemento di studio e non ci si comincerà per mezzo di queste direzioni a rivelare un andamento speciale forse temporaneo e variabile di correnti endogene sotto la crosta solida, di modo che dove le fratture sono orientate parallelamente e normalmente alla direzione di queste supposte correnti, sia più facile risentirne il passaggio, ossia il terremoto; e dove le fratture essendo

diversamente orientate coi loro assi, non presentando facile adito alle masse irrompenti in quel senso, sono più rari e meno energici gli effetti trasmessi alla superficie? Questa sarebbe la ragione, cui alludeva di sopra, per la quale a Rocca di Papa non si sentiva forse ciò che avvertivasi a Velletri. La frattura principale di quel paese è volta a N.-O., mentre a Velletri ne corre una secondo il meridiano. Per questa istessa ragione la città di Firenze, quantunque prossima al centro del terremoto, ne avrebbe risentito l'urto meno di Bologna. La valle del Reno a Bologna corre dal N. al S.; non così tutta quella dell'Arno a Firenze. Quivi però contro l'usato il terremoto del 7 colpì con una direzione prossima al N.-S., cioè N.-N.-O. S.-S.-E., e poscia nella seguente scossa delle 6 38', che fu più leggera, potè esser più sensibile la primitiva semplicità dell'impulso, cioè spiccatamente il N.-S. Lo stesso veggo nelle direzioni sperimentate negli altri luoghi di cui le conosciamo. Insomma, i cultori di questi studii esaminino e sopratutto raccolgano notizie per fornire elementi sui quali svolgere le indagini e basare l'edificio della scienza.

Anche in questo come per l'altro terremoto, rimando allo specchio senz'altra discussione l'esame delle normalità e del parallelismo delle onde sismiche verso gli assi delle valli speciali nei varii luoghi.

SPECCHIO *degli elementi certificati nell'analisi per riconosc*
nel terrem

Luoghi dai quali si ebbero le notizie	Ora dell'arrivo delle scosse in t. m. di R.	Minuti di differenza dal centro sismico stabilito verso Marradi.	Distanza dal centro in linea retta e conseguente velocità dell'onda sismica per ogni minuto primo.	Distanze dal centro sismico condo gli assi delle fratture p cipali derivate dalle creste monti, e conseguente velo dell'onda sismica per ogni nuto primo.
Marradi	4. 44' p.	0	0	—
Tossignano . . .	—	—	—	—
Firenzuola	—	—	—	—
Gaggio del Piano	—	—	—	—
Vicchio	—	—	—	—
Fusignano	—	—	—	—
Modigliana	4. 45'	1'	kil. 15 = 15	Per la cresta dei monti la valle del *Marzeno* no kil. 20 o 25 = 20 cir
Scarperia	—	—	—	—
Imola	—	—	—	—
Bologna	4. 48 28″	4 1/2	kil. 55 = 12	Per le creste dei mont valle del *Saveno* kil = 20 circa.
Meldola	—	—	—	—
Forlì	4. 46 28″	2' 1/2	kil. 40 = 16	Per le creste dei mon valle del *Montone* ki = 20.
Cesena-Lugo . .	—	—	—	—
Modena	4. 52' 2″	8	kil. 85 = 9 1/2	Per le creste dei mon valle del Panaro, il q avendo diverse ramif zioni può variare fra e 160 kil. viene la velo = 20 o 18.
Firenze	4. 49' 49'	5' 1/2	kil. 30 = 5 circa	Dalle creste dei monti la valle della *Sieve* k metri 50 = 10.
Compiobbi	4. 48'	4'	kil. 25 = 6	Per la valle della Sieve lometri 38 = 10 circa

le fratture del suolo la topografia e la velocità delle correnti sismiche
[7] ottobre 1874.

tanze dal centro sismico secondo gli assi di altre fratture principali non derivate dalle creste dei monti, e conseguente velocità dell'onde sismiche per ogni minuto primo.	Direzione delle onde sismiche	Orientazione degli assi delle valli. Fratture per ciascun luogo	Grado dell'intensità
—	—	—	9°
—	O.S.O.—E.N.E.	*Santerno* N.E.-S.O. Affl. a Sud di Tossignano E.-O.	9°
—	—	—	8°
—	—	—	8°
—	—	—	8°
—	—	—	7°
—	—	—	7°
—	—	—	6°
—	E.—O. e N.—S.	In Imola la valle del Santerno uscita dai monti nel piano serpeggia con un asse prossimo al N.-S.	6°
le creste dei monti e alli dalla *Saetta* e del eno kil. 90 = 20.	E.—O.	*Reno* N.-S.	6°
—	—	—	5°
—	S.E.—N.O.	*Montone* N.E.-S.O.	4°
—	—	—	3°
le creste dei monti suentrando in altre creste econdarie nasce un torente che incrocia col Paaro e Gaggio del Piano rca colla med. distanza.	N.E.—S.O.	*Torrente*, *Panaro* e *Secchia* N.E.-S.O.	3°
—	N.N.O.—S.S.E.	*Arno* dalla parte della *Sieve* E.N.E.-O.S.O.	3°
—	—	—	3°

Riassumendo, come abbiam fatto per il 24 febbrajo, l'analisi e la sintesi delle notizie raccolte intorno al terremoto del 7 ottobre, concludiamo, che questo terremoto comparso più o meno contemporaneamente in Sicilia e nell'alto appennino toscano non si diramò da questi due centri alla estesa regione intermedia della penisola, quantunque questa non rimanesse estranea al periodo sismico generale, che toccava il suo massimo d'intensità in quel giorno.

Del terremoto di Sicilia ci sono mancante notizie particolareggiate: perciò nulla conosciamo relativamente alla sua intensità ed estensione. Di quello però, che urtò fra la Toscana e la Romagna, abbiamo potuto trovare, che scoppiò alle 4 44′ pom. sotto le sommità degli appennini presso Marradi, cioè nella catena del monte Guerrino. Da questo punto diramarono le correnti sismiche in tutte le direzioni nelle fratture principali del suolo, ma con velocità ed intensità diverse fra loro. La massima parte di queste correnti si diresse verso l'Adriatico con una velocità media di 20 chilometri a minuto, estendendosi assai poco e debolmente nelle valli diramate dall'alto appennino al Sud del monte Guerrino, cioè nella valle del Savio e del Ronco. Nelle valli poi del Montone, Marzeno, del Lamone, del Senio, del Santerno e del Sillaro le correnti furono tanto più intense, quanto più ciascuna di queste è meglio diretta verso il Nord della penisola. Verso il mare però lungo queste medesime valli, le onde sismiche non pervennero sensibilmente più in là della linea di Lugo. Un'altra porzione della corrente sismica dovette seguire le creste appennine dei monti di Fò e della Scoperta, sempre colla velocità di 20 chilometri a minuto, per dirigersi a Bologna, confluendo sotto questa città dalle valli-fratture del Saveno, del Setta

e del Reno. Ivi produsse per questo incontro una scossa alquanto superiore a quella, che la distanza del luogo dal centro del fenomeno avrebbe comportato. La corrente avviata per i monti della Scoperta dovette continuare nel seguito delle creste appennine pel monte Lattajo e monti dell'Uccelliera fin verso il monte Albano, donde le correnti sismiche, colla medesima velocità di circa 20 chilometri, si trasportarono nelle valli del Panaro, e corsi suoi paralleli, per condurre le vibrazioni sismiche deboli a Modena, gagliardissime a Gaggio del Piano, distante sole 4 miglia da Modena, ma situato sul confluente di due fratture. Ripetevasi adunque in questo luogo, per la speciale condizione geologica, il fenomeno della ripresa di forza del terremoto lontano dal suo centro, che abbiamo visto avvenuto ad Aquila, ad Ascoli e a Ripatransone per quello del 24 febbrajo. Da questo lato il terremoto dileguavasi nel Modenese, essendo stato appena avvertito nella prossima città di Reggio. Questa è la topografia risultata dall'analisi per la porzione delle correnti dirette nel versante Adriatico, e che furono le più intense e tutte aventi la medesima velocità di 20 chilometri a minuto, purchè si suppongano in tutti i luoghi giunte per la via delle fratture principali del suolo.

Nel versante Toscano o Mediterraneo poca e debole porzione delle correnti sismiche fu immessa dal comune centro delle sommità appennine presso il monte Guerrino. Dall'insieme dei dati sembra che una quasi unica corrente si sia diretta verso la Toscana per le fratture diramanti dall'appennino nella regione di Scarperia e di Ronta con la velocità di 10 chilometri a minuto. Questa corrente seguendo la valle della Sieve sarebbe entrata in quella dell'Arno, ri-

montandolo per una piccola porzione e scendendolo nella massima parte per giungere abbastanza sensibile a Firenze; e di là, perdendo sempre forza, dileguarsi poco dopo Empoli. Dalla valle dell'Arno poco fu diramata la scossa nelle fratture-valli confluenti nell'Arno medesimo: e perciò il terremoto fu appena sensibile a Prato e Pistoja che trovansi meno lontane dalle creste appennine; e nulla fu sentito a Monte Morello ed altri luoghi, che si trovano anche più prossimi dei nominati alle suddette sommità dei monti. Vera prova è questa, che le correnti sismiche sotterraneamente seguivano le fratture principali per risalire nelle secondarie, dileguandosi dove esse divengono relativamente parlando capillari. Per questa medesima ragione nel Modenese a Castelvetro, che si trova prossimo a Modena ed a Gaggio del Piano, ove la scossa fu assai forte, nulla si ebbe a sperimentare.

Infine abbiam considerato non dover esser fortuito l'identico risultato ottenuto nell' analisi di due terremoti diversi, avvenuti in due diverse regioni; aver ambedue cioè, partendo dalle sommità montuose, invaso di prefenza un versante, colla velocità identica in ambedue di 20 chilometri a minuto; mentre nel versante opposto meno battuto, la velocità delle poche e deboli correnti rimaneva limitata a soli 10 chilometri per minuto. Anche qui ripeterò, come nel 24 febbrajo, che le relazioni del fenomeno verso gli altri meteorici della giornata, come verso il periodo sismico, saranno esaminati cumulativamente altrove.

§ 4. *Terremoto del 6 dicembre* 1874.

Nella terza applicazione del sistema d'analisi adottato in questo capitolo a ricavarne la sintesi, potrò procedere più speditamente e con brevi parole. Perciò sempre più potrò rimandare il lettore all'esame del quadro sinottico compilato col medesimo sistema già due volte sopra presentato. Non solo per questo ma anche per gli altri terremoti sarebbe stata necessaria una carta topografica. Ma poichè questa carta avrebbe dovuto comprendere più di mezza Italia ed avrebbe dovuto contenere la indicazione migliore possibile della orografia della Penisola, ognuno intende che sarebbe stata opera di costo eccessivo e forse non proporzionato allo scopo di quest' opera. Questa carta io la vengo preparando per un lavoro più vasto, dirigendola in modo particolare alla geografia sismica italiana dedotta dall'analisi storica di quanti più terremoti potrò raccogliere più o meno particolareggiatamente descritti. Se il tempo e le forze mi basteranno, questo lavoro già bene incamminato farà certamente molto progredire lo studio della endografia attiva in Italia e nel globo intero. E giacchè il discorso è naturalmente caduto su ciò, aggiungo anche preghiera ai dotti tutti, massime italiani, di volermi comunicare le notizie che loro venga fatto di raccogliere o di volersi occupare nel ricercare, massime nelle storie, negli archivi, nei monumenti locali delle singole provincie ed eziandio nello studio geologico delle contrade diverse i dati relativi alla sismologia e farne argomento di speciali interessantissime pubbliche monografie.

Anche nel terremoto del 6 dicembre tanto spiccatamente coincide l'intensità quasi massima del fenomeno con l' ora più bassa, che quantunque non ne sia garantita in modo speciale l'esattezza, essa è certa col confronto delle altre ore bene accertate. Sappiamo di Arce che ebbe il terremoto alle 4 45' p.; sappiamo poi di Cassino che lo ebbe alle 4 46' con intensità non dissimile quantunque forse alquanto minore. Vediamo poi Napoli da una parte e Roma dall' altra scosse alle 4 50'; quindi è indubitato che il terremoto partì da un punto vicino ad Arce e poco lontano da Cassino, irradiando il movimento tutto all'intorno con una velocità da ricercare misurando la distanza e le differenze di tempo. Avendo poi visto la intensità massima del fenomeno ad Alvito, San Donato, la Posta, Acquafondata, Scapoli, ecc., che sono paesi i quali coronano le creste appennine della catena del monte Meta, vicino ad Arce e Cassino, non è difficile riconoscere in questa frattura assiale appennina il centro di irragiamento della scossa di cui ragioniamo. Ivi dovette avvenire il terremoto forse anche prima delle 4 45'. Noi però prendiamo questa per ora del centro essendo sicuri di non poter errare in modo da viziare perciò il ragionamento. Ma esaminando le ore degli altri luoghi, subito a prima vista comparisce un dato, che dimostra il terremoto anche questa volta non irradiato per linee rette. Troviamo cioè Terracina, che dista da Cassino e da Arce immensamente meno che Roma e Napoli, ricevere la scossa anche più tardi di queste due città, cioè alle 4 52'. Nè la sola Terracina si trova in questo caso, ma eziandio tutte le città situate sui monti Lepini nel versante che guarda la Palude Pontina. Da questi luoghi non apprendemmo l'ora con speciali note di certezza, però coincidendo esse così

bene con la certificata di Terracina acquistano importanza ed avvalorano la dimostrazione della tardità della scossa in tutta questa regione. Dunque anche nel terremoto del 6 dicembre le differenze dell'ora meritano di esser studiate con l'andamento delle fratture per vedere se in questi andamenti si trovi la soluzione delle apparenti anomalie.

Procediamo con ordine di stazione in stazione. Alle 4 45′ più o meno precise scuotevansi le creste appennine nella regione del monte Meta. A Cassino il terremoto giungeva alla 4 46′; in un minuto adunque avea corso 30 chilometri perchè tanti ne corrono dalla sommità assiale suddetta all'estremità della cresta derivata del monte Cassino, seguendo però l'andamento della cresta montuosa. Con la medesima velocità vediamo arrivare la corrente sismica a Valmontone alle 4 48′ distante 90 chilometri dal centro del fenomeno per la via delle fratture-valli del Liri e del Sacco. Da Valmontone a Roma corrono 60 chilometri per la frattura vulcanica laziale e troviamo questo spazio percorso fra le 4 48′ e le 4 50′, cioè assai più lentamente. L'onda sismica avrebbe dimidiata la sua velocità in questo tratto riducendola a soli 15 chilometri a minuto. Confrontando poi questa seconda velocità con la sperimentata fra Valmontone e Terracina, che sono luoghi legati fra loro dalla grande frattura vulcanica laziale-pontina che gira attorno ai monti Lepini, vediamo appunto che i 60 chilometri di distanza fra Valmontone e Terracina sarebbero stati percorsi dal terremoto parimenti colla velocità di chilometri 15 a minuto. In Valmontone adunque dove precisamente esiste il biforcamento delle fratture principali sarebbe pure avvenuta la divisione in due della corrente sismica del 6 dicembre. E questa diminuita di volume perde anche la metà della sua celerità

primitiva. La regolarità di questi risultati nel tempo e nella misura fa parte, a mio credere, della loro dimostrazione. Come per contrario se abbandoniamo la guida delle fratture principali troveremo in questo terremoto, come negli altri sopra esaminati una inconcepibile varietà nelle velocità e sopratutto la niuna loro relazione verso le distanze. A Terracina per esempio, che dista da Alvito soli 58 chilometri in linea retta, il terremoto sarebbe giunto colla velocità di chilometri 3 a minuto; mentre a Roma che ne dista 100 parimenti in linea retta vi sarebbe giunto percorrendone 20 a minuto. Del resto si osservi il quadro degli elementi nella colonna delle distanze in linea retta confrontata colle conseguenti velocità, e parrà chiaro a prima vista la confusione che vieta riconoscervi qualsivoglia legge naturale.

Alla gradazione trovata regolare delle ore secondo l'andamento delle fratture, corrisponde l'ordine medesimo nella scala delle intensità. La forza delle scosse diminuisce da Alvito a Valmontone e da qui a Roma. In egual proporzione continua a diminuire da Valmontone a Terracina: in una direzione cioè che torna ad avvicinarsi al centro della scossa. Dunque l'ordine della intensità conferma il risultato dedotto già dall'analisi delle ore; ed ambedue gli elementi ci delineano la medesima topografia del terremoto nelle fratture principali del suolo.

Dopo Roma verso il settentrione nella linea della zona vulcanica il terremoto del 6 perdette ogni forza. Mancano ivi del tutto le notizie; e siffatta mancanza equivale all'averne negative o quasi negative. Infatti unicamente da Viterbo avemmo un sentore della scossa assai languido, bastante solo a farci concludere, che da quella parte il ter-

remoto non oltrepassò il territorio Viterbese. Anche il dileguarsi del terremoto a Viterbo sarebbe inesplicabile, se non lo riconoscessimo diramato con varia forza e volume nelle diverse fratture. Imperocchè se le vibrazioni sismiche progredissero ad onde concentriche, non potrebbero dileguarsi a Viterbo per ricomparire a Firenze ed a Genova, come avvenne del terremoto appunto del 6 dicembre. Dobbiamo dunque riconoscere che la corrente venne a guisa di fiume per le fratture-valli del Liri e del Sacco; e poscia per la vulcanica laziale, esaurì le sue forze spandendosi nella continuazione di una frattura verso i vulcani spenti Cimini ossia verso Viterbo. A Firenze poi ed a Genova vi giunsero altre porzioni della corrente partite dal centro per altre vie che di poi esamineremo.

Alle 4 50′ il terremoto fu sentito a Napoli cioè a circa 90 chilometri di distanza dal suo centro. In Napoli ebbe una intensità non dissimile da quella di Roma quantunque forse alquanto minore. Lungo la zona fra Cassino e Napoli non sappiamo che il fenomeno abbia mostrato forza veruna. Non fu così nel tratto da Alvito a Valmontone; parrebbe perciò che una corrente debole avesse invaso la regione dell'Italia meridionale. Infatti mentre sappiamo che verso il Nord il terremoto investì perfino Ancona, Pesaro, Firenze e Genova, nel mezzodì sappiamo di certo che non fu avvertito neanche a Cosenza, ove risiede un'eco quasi costante di tutti i terremoti italiani. Dal centro del terremoto a Napoli in linea retta le onde sismiche avrebbero percorso 18 chil. a minuto. Ma per la frattura del Volturno, che è la sinclinale dei monti alti a sinistra di questo fiume e poscia di là per le fratture vulcaniche del Vesuvio avrebbe dovuto giungere alla grande città con cammino alquanto

più lungo svolgendo appunto la velocità di chilometri 15 a minuto. La quale velocità essendo appunto la debole già verificata per questo terremoto nella direzione del Nord aggiunge un dato non ispregevole per riconoscere la legge seguíta dalle onde sismiche diverse in questo scuotimento.

Ci restano da esaminare nel quadro delle ore per la velocità, l'ora di Firenze e l'ora di Aquila, e nello studio dei limiti di questo fenomeno le notizie di Ancona, Pesaro e Genova. A Firenze giunse il terremoto alle 4 59′ cioè dopo 14 minuti che avea colpito nel suo centro del monte Meta. Ivi se fosse giunto per linea diretta avrebbe percorso 21 chilometri a minuto. Per la via delle fratture poi sembra difficile il riconoscere positivamente il cammino a cagione dell'inestricabile rete di esse che trovasi svolta fra Firenze ed il centro meridionale del terremoto. Ma una paziente analisi dei dati ci porrà in mano il filo anche in questo labirinto. Abbiamo visto che secondo la mia teoria dedotta dall'esperienza, le grandi distanze sono percorse dalle correnti sismiche nelle sole fratture principali e nelle quasi principali fra le derivate. Perciò almeno nei casi ordinari non dovremo cercare i legamenti sotterranei fra due regioni assai distanti nell'intreccio delle fratture di secondo e terzo e quarto ordine. Da ciò consegue, che nel caso presente dovremo cercare i legamenti supposti o nelle grandi creste assiali dei monti, o nelle fratture sinclinali corrispondenti a quelle sommità, od al più nelle valli-fratture maggiori ossia nei bacini dei maggiori corsi dei fiumi. Così ridotta l'analisi noi abbiamo fra Firenze ed Alvito solo tre linee o per meglio dire tre gruppi di fratture principali che tracciano tre direzioni di supposti veicoli sismici. La prima sarebbe la continuazione della frattura vulca-

nica della zona mediterranea. Ma già vedemmo che questa frattura fu scossa appena appena fino a Viterbo, ed oltre a ciò non giungendo direttissima fino a Firenze dovremmo supporre esser state in molto giuoco anche le fratture assai secondarie di che non abbiamo verun sentore nelle notizie raccolte. Dunque non pare che questa linea sia stata prescelta dal terremoto per dirigersi a Firenze. Una seconda strada sarebbe forse da riconoscere in parte nella valle del Tevere supponendosi avviata l'onda proveniente da Roma. Ovvero potremmo aspettare che un'altra corrente fosse discesa per il lago di Fucino e poscia percorse le valli del Velino e della Nera potrebbe essersi intromessa in quella dell'Arno rientrando nelle creste assiali dell'appennino. Ma anche per questo cammino dovrebbero molto aver funzionato fratture secondarie nell'oltrepassare il bacino del Fucino al Nord del medesimo. Massime poi ciò sarebbe avvenuto se invece del cammino descritto in parte lungo le creste, l'onda avesse dovuto investire per meati secondari la valle dell'Arno, provenendo da quella del Tevere. Oltre a ciò anche qui niuna notizia ci autorizza a riconoscere in questa linea la via del terremoto, e segnatamente è quivi assai significante il silenzio per quel giorno del Bellucci, che in Perugia attende all'osservazione assidua del sismografo. Ci resta solamente la terza via e la più regolare, nella quale poi non mancano i dati che ce la fanno riconoscere come via del terremoto nel giorno 6 dicembre. Essa è la cresta principale assiale appennina. Partendo in questa linea di frattura massima dalla regione del monte Meta presso Alvito e Posta e giungendo fin sopra Firenze cioè presso Marradi dove già vedemmo che per la valle della Sieve scese il terremoto a Firenze dalle creste

appennine nel 7 ottobre, si svolgono circa 415 chilometri. Questa distanza percorsa in 14 minuti, dà appunto chil. 30 a minuto che è la velocità precisa già trovata per le onde principali del terremoto che analizziamo. La coincidenza del tempo colla distanza è già un buon indizio di aver colto nel vero. Ma siffatta prova viene anche avvalorata dalla certezza che il terremoto veramente si avviò per le creste appennine fino a grandi distanze verso il Nord della Penisola. Le notizie delle languide scosse avvertite ad Ancona ed a Pesaro ed altre che non ho riferito perchè assai incomplete per altri punti delle Marche, indicano abbastanza, che quelle contrade del versante Adriatico furono investite dal terremoto. Il quale non potè certo pervenire colà, che per la via centrale della frattura assiale appennina. Per la medesima via pure soltanto potè giungere fino a Genova, mentre per la via della pianura e del lido marino non abbiamo indizio che vi sia stata diretta. Dunque e le ore, e le distanze, e la topografia dei luoghi scossi collimano a dimostrarci, che il terremoto si diresse nell'alta Italia per la zona assiale appennina, riproducendo così un fenomeno già più volte verificato in questo stesso capitolo e dal Serpieri nell'analisi sua del terremoto del 12 marzo 1873.

Da ultimo dobbiamo discutere sulla carta topografica l'ora di Aquila assegnata alle 4 54′, cioè 9 minuti dopo il primo apparire dell'urto presso Alvito. Ponendo l'occhio sulla carta vediamo anche qui che in linea retta la breve distanza di chil. 84 sarebbe stata percorsa con molta lentezza cioè in soli chil. 9 a minuto. Prendendo poi ad esame la valle di Aquila nei suoi legamenti colle creste appennine verso la regione del Meta, trovo che la città dista chil. 120 dal centro del terremoto e perciò l'onda vi sarebbe giunta colla

velocità di 14 chil. a minuto. Velocità tanto prossima a quella di 15 trovata costante in tutte le correnti secondarie di questo scuotimento sismico, che supposta una minima inesattezza dei dati, può considerarsi identica alle altre prima verificate. Si conclude così con ammirabile armonia di tutti i dati che il terremoto del 6 dicembre, come gli altri prima esaminati, scoppiato sotto le creste dei monti presso Alvito, ebbe due velocità diverse. La più intensa fu di 30 chil. a minuto e la meno intensa secondaria fu di 15 chil. cioè la metà della prima.

Nulla aggiungo relativamente all'esame delle direzioni delle onde sismiche apprezzate nei singoli luoghi normalmente o parallelamente alle fratture, perchè anche questo fatto è oramai stabilito e basta verificarlo nel quadro che segue (pag. 322-323).

§ 5. *Indagini comparative sopra i tre terremoti ora analizzati.*

Vorrei raccogliere qualche frutto anche dalla comparazione fra loro dei dati ottenuti nella triplice analisi, e vorrei pure spingere questa medesima analisi ad altre indagini d'ordine più elevato e generale intorno al misterioso fenomeno del terremoto. Non può avvenire per puro caso che sopra tre fenomeni fra loro separatissimi in tempo, in regione ed anche alquanto in intensità, l'analisi istituita abbia scoperto le medesime leggi ed il medesimo modo di espandersi il movimento del suolo. Non solo noi trovammo che il terremoto si espande nelle fratture come una inondazione nelle depressioni del terreno, ma trovammo pur anco alcune specialità nel modo di espandersi che si ripeterono

in tutti i tre fenomeni che studiammo. In tutti vedemmo investita in punti diversi la frattura assiale appennina nelle sue creste più alte e centrali. In tutti verificammo che le correnti sismiche invasero di preferenza uno dei due versanti, quasi che la causa del terremoto oltre il moto verticale concepito dal sotto in su nello scoppiare come mina, avesse anche in sè medesima un altro moto di corrente diretto trasversalmente all' asse appennino. E su questo punto sembrami poter estendere a tutti i tre terremoti l'osservazione fatta circa quello del 7 ottobre, nel quale vidi una speciale tendenza all'energia nella linea del meridiano. Merita primieramente considerazione il fatto che le tre zone assiali appennine prescelte per centro d'azione in ciascun dei tre terremoti, sono tre porzioni dirette ognuna esattamente dall'Est all'Ovest. Oltre a ciò in ciascuna di esse trovo estesa l'onda più energica nel versante che apprestava meglio prolungate fratture nella direzione del N.-S. Infatti nel terremoto del 24 febbrajo dai monti Sibillini che sono diretti fra l'Est e l'Ovest la corrente sismica si estese gagliarda e voluminosa verso Roma ed Aquila avviandosi per la valle della Nera orientata dal Nord al Sud. Nel versante opposto le valli sono dirette a N.-E. e solo quella del Chienti fu investita con una certa forza nella regione prossima alle cime. Ivi il terremoto sulla linea d'Ancona era già debolissimo mentre dall' opposto versante appennino giunse fino a Roma con forza e celerità relativa.

Nel terremoto poi del 7 ottobre dalla linea del monte Guerrino trovavansi disposte dal Nord al Sud le valli della Romagna non quelle della Toscana; ed infatti in quel verso il movimento sismico estese la sua corsa. E finalmente nell'ultimo del 6 dicembre dalla linea del monte Meta pa-

rimenti orientata dall'Est all'Ovest, la corrente più poderosa scese verso Alvito e monte Cassino e Valle del Liri cioè verso il Sud, mentre dal lato opposto le valli fin dai loro nascimenti mostravano orientazioni diverse da queste. Cotesti dati che ritornano in tutti i tre nostri terremoti sono fatti incontrastabili. Quale poi sia la loro importanza nello studio del fenomeno tanto in generale quanto in particolare nel periodo del 1874, al quale essi appartengono, non mi sembra disamina da tentare per ora. La raccomando però di nuovo allo studio dei dotti, sopratutto perchè raccolgano fatti ed osservazioni nell'istoria dei passati terremoti. Intanto è un fatto importantissimo il vedere che queste tre porzioni assiali dell'appennino sono state ciascuna altre volte centro di simili e grandiosi agitazioni sismiche. Sotto la linea dei monti Sibillini v'è la catena secondaria parallela ai medesimi del monte *Patino* centro conosciuto dei quasi continui terremoti di Norcia. Nella regione dei monti Meta presso Alvito e San Donato sappiamo di parecchi terribili terremoti avvenuti nei passati e nel presente secolo. Quanto poi alla regione di Marradi il Bertelli ci ha avvertito, che ad esso sembra i terremoti di Firenze provenire sempre o quasi sempre da quella regione dell'appennino. Ed oltre a ciò sarà da investigare se i frequenti terremoti nella Romagna abbiano in quella zona dell'appennino mai sempre il loro punto di partenza ed il loro focolare.

Ma qui sembrerà che io tenda a fissare il centro dei terremoti costantemente sotto le sommità assiali e centrali delle catene dei monti. Sarebbe troppo precoce un giudizio che affermasse o negasse recisamente anche questa legge. Se potessimo appoggiare ragionamenti molto generali sopra questi soli tre terremoti e sopra qualche altro, dovremmo

SPECCHIO *degli elementi certificati nell' analisi per riconos*
nel terren

Luoghi dai quali si ebbero le notizie.	Ora dell'arrivo delle scosse in t. m. di R.	Minuti di differenza dal centro sismico stabilito verso Alvito.	Distanza dal centr linea retta e c guente velocità l' onda sismica ogni minuto p
Alvito	4. 45'	0	0
Sora	—	—	—
Isola	—	—	—
Cassino	4. 46'	1	kil. 17 =
Ceprano	—	—	—
Valmontone	4. 48'	3	kil. 66 =
Cisterna	—	—	—
Tivoli	—		—
Veroli	—	—	—
Alatri	—	—	—
Anagni	—	—	—
Velletri	—	—	—
Roma	4. 50'	5	kil. 100 =
Napoli	4. 50'	5'	kil. 90 =
Terracina	4. 52	7'	kil. 58 =
Rocca Massima	—	—	—
Aquila	4. 54'	9'	kil. 84 =
Firenze	4. 59'	14	kil. 290 =

fratture del suolo la topografia e la velocità delle correnti sismiche dicembre.

ze dal centro sismico secondo gli assi delle fratture principali derivate dalle creste dei monti, e conseguente velocità onda sismica per ogni minuto primo.	Direzione delle onde sismiche	Orientazione degli assi delle valli. Fratture per ciascun luogo	Grado dell'intensità.
—	N.—S.	*Vallata* N.—S.	9°
—	S.O.—N.E.	*Liri* N.E.—S.O.	8°
—	N.O.—S.E.	Idem	8°
—	—	—	8°
—	—	—	7°
a valle del Liri e poscia Sacco, circa k. 90 = 30.	—	—	5°-6°
—	E.—O.	*Fosso* N.—S.	5°-6°
—	N.E.—S.O.	*Aniene* N.O.—S.E.	6°
—	E.—O.	*Fosso* N.—S.	6°
—	N.—S.	*Fosso* N.—S.	5°
—	E.—O.	*Vallata* N.—S.	5°
—	N.N.E.—S.S.O. e N.O.—S.E.	*Frattura* N.—S. ed altra N.O.—S.E.	5°
almontone per la frat- a Vulcanica kil. 30 = 15.	S.O.—N.E. e S.E.—N.O.	*Tevere* N.O. — S.E.	5°
a valle del Volturno e ratture vulcaniche del suvio kil. 120 = 25.	—	—	5°
almontone per la frat- a-valle Pontina kilotri 60 = 15.	S.—N.	*Amaseno* N.—S.	4°
—	E.—O.	*Fosso* N.—S.	4°
le creste dei monti e cia valli del *Gizio* ed *rno* kil. 120 = 14.	—	—	3°
la cresta assiale delppennino e poscia per valle della Sieve circa 415 = 30.	E.-O. e N.O.-S.E. e S.O.—N.E.	*Arno* E.—O. e *Mugnone* N.E.—S.O.	2°

concludere affermativamente e formolare già anche questa legge sismico-topografica. Ma poichè nè da una parte è abbastanza ancora conosciuta la topografia dei terremoti storici, nè dall'altra ci manca l'esperienza di terremoti anche non piccoli che urtarono lungi dalle creste dei monti; la nostra legge non può essere presentata che come un altro punto di vista sul quale fissare l'indagine. Non è certo impossibile, a mio avviso, che i terremoti avvertiti anche lontano dalle creste dei monti, da quelli però provengano direttamente e taciti nel loro primo tratto di corso. L'abbiamo visto in parte nell'analisi ora fatta. Imperocchè e nel terremoto del 7 ottobre e sopratutto poi in quello del 6 dicembre abbiamo visto urtare dal terremoto luoghi assai distanti dal centro, senza che i punti intermedi si sappia che abbiano patito le scosse. Fu abbastanza provato che a Firenze, a Genova, a Pesaro, ad Ancona il terremoto del 6 dicembre dovette pervenire per la cresta assiale appennina; ma punto non sappiamo da verun luogo che lungo la cresta suddetta il terremoto sia stato avvertito. Ciò dimostra che almeno non si sentì con gagliardia; dunque è lecito sospettare che vi transitasse tacito ed insensibile. Il fenomeno dei notissimi terremoti *a ponti* che si ripete anche spesso in Italia, non è egli il caso di terremoto che si comunica percorrendo tacitamente una porzione più o meno lunga d'una frattura? Malgrado tutto ciò io mi guardo dal concludere formolando una legge: soltanto chiamo su di essa di nuovo l'attenzione dei dotti, acciò raccolgano osservazioni ed elementi atti a chiarire questa importante questione da me proposta e che sarà un passo fatto per la scienza anche quando sia stata definitivamente eliminata dal campo delle ricerche sismiche.

Un' altra legge sembrami risultare alquanto più positiva e chiara dalle analisi fatte in questo capitolo. Essa si riferisce alle velocità delle diverse onde sismiche. Sappiamo dagli studi anteriori a questi nostri, che il terremoto con velocità diverse secondo i varii esempi che ne abbiamo percorre da 10 a 70 ed 80 chil. a minuto. Nei nostri terremoti del 1874 abbiamo vista una certa proporzione fra la intensità della scossa e la velocità della sua trasmissione. I primi due scuotimenti quello cioè del febbrajo e dell'ottobre, corsero nella loro massima velocità guadagnando 20 chil. a minuto, il terzo del dicembre che fu più energico ne scuoteva 30 a minuto. In tutti tre però le correnti secondarie e le primarie dopo suddivise percorrevano il suolo con una velocità che fu sempre esattamente la metà delle principali. Nei due primi fenomeni queste onde minori corsero 10 chil. a minuto e nel terzo ne abbracciarono 15. Non occorre far notare come questo dato già importante in sè medesimo, colla sua regolare proporzione in ogni senso, avvalori la teoria che riconosce l'apparato del terremoto nelle fratture del suolo. E da ultimo sembrami che basti accennare come a questa stessa teoria sia dato il suggello di prova dal fatto costantemente dimostrato negli specchi delle notizie, che cioè le onde sismiche in ciascun luogo sono comparse normali o parallele o successivamente in ambedue i sensi verso l'asse delle fratture locali.

CAPO VII.

INTORNO ALLE FORME DIVERSE DEL TERREMOTO ED ALLE REGISTRAZIONI DELLE MEDESIME NEI SISMOGRAFI.

§ 1. *Terremoti a più centri contemporanei.*

In questa ultima parte dello studio del terremoto isolatamente considerato, sotto il titolo di *forme diverse della manifestazione sismica,* intendo esaminare tutto ciò che si riferisce al modo di presentarsi del terremoto, escludendo il dirigere l' indagine alla determinazione delle relazioni del fenomeno verso la natura della causa che lo produce; e sopratutto verso i fenomeni suoi concomitanti. Perciò non comprendo sotto l'ordine delle forme la ricerca secondo la classificazione di Stoppani, dell'essere il terremoto *tellurico, perimetrico* o *vulcanico.* Questa indagine che appartiene alla estensione del terremoto, la riservo al trattato generale della sua topografia; e quindi verrà studiata con quest'ultima. Quivi studieremo adunque in ordine alla forma, prima ciò che possiamo dedurre dall'analisi dell'ora; poscia, tutto ciò che costituisce la parte vibratoria del fenomeno, lo che ci condurrà poi di per sè a studiare in terzo luogo le tracce che cotesto fenomeno lascia di sè stesso negli apparecchi sismografici.

Già la quasi definizione del terremoto sopra riferita, che lo considera come un conato riuscito vano per una eruzione, e l'aver ciò quasi verificato nell'altro conato consecutivo e costante che soffrono le fratture del suolo tendente ad aprirle, fa nascere la indagine del come ciò avvenga. Ricercheremo cioè se sia un punto solo o più che patiscano l' impulso sotterraneo. Interrogando le analisi sopra riferite, massime in ciò che riguarda le ore del primo apparire l'urto sismico, vediamo che il centro lineare d'un radiante rappresenta quest'urto applicato ad una linea. Le medesime analisi, massime quelle del Serpieri, ci forniscono ad evidenza il caso dei terremoti, che prendono origine almeno apparentemente in due punti lontani fra loro, quasi in coincidenza, ma più veramente con piccola diversità di momento. Tale diversità varia fra qualche minuto primo. Non mancano poi al certo i terremoti che evidentemente si manifestano alla superficie partendo da un punto unico centrale. Dunque il terremoto può presentarsi urtando un punto, una linea, ovvero due punti lontani fra loro. Tali differenze possono aver origine dalla profondità e dalla posizione del punto interno di partenza della causa del terremoto, non che dalla diversa conformazione dell'apparecchio di trasmissione dell' impulso. Nulla osta perciò logicamente considerando che il terremoto possa apparire alla superficie in più di due centri o radianti contemporaneamente ovvero con poca differenza di tempo. Nel qual caso, se si avverasse, troveremmo sempre maggiori dati per indagare la natura del fenomeno. La sola analisi dell'ora può chiarire questo nuovo punto di vista.

Esaminando su ciò i miei quadri sinottici dei terremoti avvenuti in Italia dal 1873 al 1878, trovo esempi in buon

numero di terremoti centrali e locali di poca entità, che coincidettero però almeno approssimativamente nell' ora. Ai 5 gennaio 1874, alle ore 10 50′ di sera, un terremoto urtò isolatamente i tre punti lontani fra loro di Cogne in Piemonte, Ravenna in Romagna, Rocca di Papa nel Lazio, senza che altrove se ne sia avuto sentore. Intanto a Moncalieri, nella medesima ora, si sorprendeva dal Denza una forte perturbazione magnetica con la deviazione dell'ago per 13 gradi. Ai 13 di gennaio dello stesso anno, alle 9 di sera, un altro terremoto urtò Velletri nel Lazio ed Atina sull' Appennino nella Terra di Lavoro. Ai 25 dicembre del 1873, mentre alle 2 50′ ant. il terremoto visitava con qualche forza la regione Veneta di Belluno e suoi vicini contorni soltanto, si scosse la terra a Perugia nell'Umbria ed a Velletri nel Lazio, dove allora avvenivano scosse assai frequenti. Ai 2 aprile 1874, un' altra scossa di Velletri trovava l'eco in Cosenza di Calabria. Questa città più frequentemente di ogni altra si mostra pronta ad esser l'eco di scosse lontane che avvengono altrove, massime in Italia. Essa tremò così anche per i due terremoti italiani estesissimi del Veneto e delle Marche del 29 giugno e 12 marzo 1873. Ma poichè qui si tratta di stabilire un fatto importantissimo per lo studio delle forme del terremoto, veggo necessario riassumere in due quadri tutti i casi nei quali si verifica l'assoluta e quasi certa coincidenza di due o più terremoti lontani fra loro nella penisola italiana, ovvero la molto probabile loro vera contemporaneità attesa la poca distanza delle ore annunciate senza ricerca di esattezza cronometrica. La quale esattezza, quando si verifica nel quadro, è notata con un asterisco.

QUADRO *rappresentante i terremoti conosciuti in Italia dall' anno meteorico 1873 al 1878 coincidenti esattamente nell'ora additata, ovvero con differenza disprezzabile di pochi minuti.*

Anno	Mese	Giorno	Ora	Luogo	Qualità
1872	Dicembre	1	* 2. 30′ a.	Roma	scossa leggerissima.
»	»	1	»	Pisa	» leggera.
»	»	1	»	Versiglia	» »
»	»	12	* 7. 00′ p.	Cassino e Monte Cassino	» mediocre.
»	»	12	»	Molo di Gaeta	» »
1873	Gennaio	19			terremoto Laziale.
»	Marzo	12			esteso terremoto generale
»	»	13	* 2. 10′ p.	Fabriano	scossa leggera.
»	»	13	»	Ancona	» »
»	»	18	* 7. 45′ a.	Moncalieri	» »
»	»	18	»	Mondovì	» »
»	Maggio	7	* 8. 11′ a.	Urbino	» debole.
»	»	7	»	Cagli	» »
»	»	16	* 8. 25′ p.	Piacenza	» leggera.
»	»	16	»	Moncalieri	» »
»	»	16	* 8. 30′ p.	Porretta	» mediocre.
»	»	16	»	Guastalla	scosse deboli.
»	»	16	»	Castelvetro di Modena	scossa fortissima.
»	»	16	* 8. 35′ p.	Reggio	» forte.
»	»	16	»	Collio	» leggera.
»	»	16	»	Modena	scosse forti.
»	»	16	8. 36′ p.	Venezia	scossa mediocre.
»	»	16	8. 37′ p.	Gorzano	» fortissima.
»	Giugno	6	* 4. 10′ a.	Albano	» leggera.
»	»	6	»	Ariccia	» »
»	»	13	* 2. 00′ a.	Tolmezzo	» mediocre.
»	»	13	»	Moggio	» »
»	»	13	»	Valle del Fella	» »
»	»	29			grande terremoto Bellunese.
»	Luglio	5	* 3. 25′ p.	Puos	tre scosse.
»	»	5	»	Vittorio	
»	»	5	»	Fadalto	
»	»	6	2. 12′ 40″ a.	Belluno	scossa

Segue: **QUADRO** *rappresentante i terremoti conosciuti in Italia dall'anno meteorico 1873 al 1878 coincidenti esattamente nell'ora additata, ovvero con differenza disprezzabile di pochi minuti.*

1873	Luglio	6	2. 21′ a.	Puos	scossa
»	»	6	3. 00′ a. circa	Udine	» leggera.
»	»	6	3. 00′ a. circa	Rocca di Papa	» sensibile.
»	»	6	10. 14′ 50″ a.	Belluno	»
»	»	6	10 20′ a.	Puos	»
»	»	11	2. 45′ a.	Belluno	» forte.
»	»	11	2. 45′ a.	Farra d'Alpago	» fortissima.
»	»	11	* 5. 00′ p.	Palestrina	» mediocre.
»	»	11	»	Zaragolo	» »
»	»	12	7. 00′ a. circa		
»	»	13	* 2. 00′ a.	Belluno	» leggera.
»	»	13	»	Alvito	» »
»	»	13	10. 20′ p.	Frascati	» »
»	»	13	10. 30′ p.	Alvito	» »
»	»	20	9. 40′ a.	Cavasso nuovo	» molto forte.
»	»	20	9. 45′ a.	Belluno	» sensibile.
»	»	22	* 1. 05′ p.	Belluno	» fortissima.
»	»	22	»	Vittorio	» »
»	»	25	11. p.?	Mignano	» sensibile.
»	»	25	»	Sora	»
»	»	26	11. 15′ p.	Arpino	» fortissima.
»	»	26	11. 20′ p.	Rocca di Papa	» leggera.
»	»	26	11. 30′ p. circa	Sora	» fortissima.
»	»	30	5. 30′ p. circa	Velletri	»
»	»	30	»	Ivrea	»
»	Agosto	1	9. 15′ a.	Belluno	» leggera.
»	»	1	9. 18′ a.	Farra d'Alpago	» molto forte.
»	»	8	8. 10′ a.	Chioggia	» leggera.
»	»	8	8. 12′ a.	Pordenone	» forte.
»	»	8	* 8. 15′ a.	Belluno	» fortissima.
»	»	8	»	Visone	» »
»	»	8	»	Alpago	» »
»	»	8	»	Longarone	» »
»	»	8	»	Fortogna	» »
»	»	8	»	Perone	» »
»	»	8	»	Vicenza	» »
»	»	8	»	Vittorio	» »
»	»	8	»	Udine	» »

»	»	21	10. [illegible] a.	Sarmede	2 » fortissime.
»	»	21	»	Belluno	scossa sensibile.
»	»	21	10. 11′ a.	Udine	scossa.
»	»	22	5. 35′ p. circa	Ivrea	» forte.
»	»	22	5. 35′ p.	Rocca di Papa	» leggerissima.
»	»	24	10. 30′ p.	Alvito	» leggera.
»	»	24	10. 30′ p. circa	Rocca di Papa	» debole.
»	Settembre	27	*11. 30′ a.	Rocca di Papa	» leggerissima.
»	»	27	»	Cosenza	»
»	Dicembre	2	5. 30′ a.	Pordenone	»
»	»	2	5. 36′ a.	Belluno	» sensibile.
»	»	2	5. 45′ a.	Tolmezzo	»
»	»	2	5. 46′ a.	Udine	» breve.
»	»	22	1. 30′ a.	Fermo	» mediocre.
»	»	22	1. 32′ a.	Ascoli-Piceno	» »
»	»	25	* 2. 58′ a.	Perugia	»
»	»	25	»	Velletri	» debole.
»	»	25	»	Frascati	» forte.
»	»	25	»	Belluno	»
1874	Gennaio	5	*10. 50′ p.	Cogne	» mediocre.
»	»	5	»	Ravenna	» sensibile.
»	»	5	»	Moncalieri	»
»	»	8	*11. 15′ p.	Belluno	» mediocre.
»	»	8	»	Pordenone	»
»	Febbraio	24	7. 46′ 31″ a.	Camerino	» mediocre.
»	»	24	7. 55′ 46″ a.	Ancona	» sensibile.
»	»	24	7. 54′ 54″ a.	Ripatransone	» forte.
»	»	24	7. 59′ 28″ a.	Ascoli	» »
»	»	24	7. 53′ a.	Urbino	» sensibile.
»	Aprile	9	* 2. 15 a.	Avigliana	» mediocre.
»	»	9	»	Ivrea	» »
»	»	9	»	Strambino	» »
»	»	9	»	Riva Valdobbia	» »
»	Maggio	2	tra le 11.2′ p. e le 11.5′ p.	Vallesesia	» »
»	»	2	11. 03′ p.	Biella	» »
»	Settembre	11	* 9. 04′ a.	Visso	» »
»	»	11	»	Macerata	» »
»	»	11	9. 00 a. circa	S. Pietro di Ferentillo	» sensibile.
»	»	11	»	Rocca di Papa	agitazione sismica.
»	Ottobre	7			
»	»	8	* 5. 24′ a.	Tossignano	scossa leggera.
»	»	8	»	Scarperia	» mediocre.
»	»	18	* 4. 40′ a.	Ronta in Mugg.	» »
»	»	18	»	Tossignano	»
»	»	18	»	Lojano	» leggera.

Segue: **QUADRO** *rappresentante i terremoti conosciuti in Italia dall'anno meteorico 1873 al 1878 coincidenti esattamente nell'ora additata, ovvero con differenza disprezzabile di pochi minuti.*

1874 Ottobre 24	* 2. 20′ a.	Oppido Mamertino	scossa forte.
» » 24	»	Messina	varie scosse.
» » 21	»	Capospartivento	» »
» » 24	»	Catanzaro	due scosse.
» » 24	»	Cosenza	scossa sensibile.
» » 29	4. 30′ a. circa	Pinerolo	
» » 29	»	Crissolo	
» » 29	»	Saluzzo	» »
» » 29	»	Casteldelfino	
» » 29	»	Sacra S. Michele	
» Novembre 14	* 2. 00′ a.	Tossignano	» »
» » 14	»	Ronta in Mugg.	» forte.
» » 18	* 0. 20′ a.	Campello	» mediocre.
» » 18	»	Aquila	» leggera.
» » 18	»	Ascoli	» mediocre.
» Dicembre 1	8. 30′ p. circa	Varallo	» debole.
» » 1	* 8. 35′ p.	Cogne	»
» » 1	»	Ivrea	» mediocre.
» » 1	* 8. 45′ p.	Riva Valdobbia	» leggera.
» » 1	»	Alagna	» »
» » 1	»	Oropa	» »
» » 4	* 4. 38′ a.	Bologna	» leggerissima.
» » 4	»	Porretta	»
» » 4	4. 46′ a.	Vesuvio	»
» » 6	4. 45′ p.	Arce	» fortissima.
» » 6	4. 45′ p. circa	Anagni	3 o 4 scosse mediocri.
» » 6	»	Alatri	scossa mediocre.
» » 6	* 4. 46′ p.	Tivoli	» forte.
» » 6	»	Monte Cassino e Cassino	» fortissima.
» » 6	4. 48′ p.	Valmontone	» »
» » 6	* 4. 50 p.	Napoli	» mediocre.
» » 6	»	Velletri	» »
» » 6	»	Monte Fortino	» »
» » 6	»	Roma e dintorni	» »
» » 6	* 4. 52′ p.	Terracina	» sensibile.
» » 6	»	Abbazia di Valvisciolo	» »
» » 6	»	Norma	» »
» » 6	4. 51′ 42″ p.	Aquila	» debole.
» » 6	4. 59′ 49″ p.	Firenze	» »

»	»	6	»	Cisterna	» »
»	»	6	»	Veroli	» forte.
»	»	6	»	Sora	» fortissima.
»	»	6	»	Alvito	» rovinosa.
»	»	25	3. 20′ a.	Belluno	fremito e rombo.
»	»	25	3. 30′ a. circa	Santa Croce	scossa sensibile.
»	»	25	»	Vittorio	» »
1875	Gennaio	1	12. 51′ p.	Palermo	scosse leggere.
»	»	1	12. 55′ p.	Noto	3 scosse.
»	»	10-11	mezzanotte	Portico	scossa.
»	»	11	12. 12′ a.	Imola	» leggera.
»	»	20	1. 00′ a.	Cesena	» sensibile.
»	»	20	1. 05′ a.	Forlì	» leggerissima.
»	Febbraio	14	5. 35′ a.	Oropa	» leggera.
»	»	14	5. 40′ ovv. 45′ a.	Ivrea	» sensibile.
»	»	14	6. 45′ a.	Oropa	» leggera.
»	»	14	6. 50′ ovv. 55′ a.	Ivrea	» sensibile.
»	Marzo	18			grande terremoto Riminese.
»	Aprile	20	8. 20′ a.	Cesenatico	scossa fortissima.
»	»	20	* 8. 23′ a.	Ravenna	» forte.
»	»	20	»	Castelbolognese	» sensibile.
»	»	20	»	Alvernia	» leggera.
»	»	20	* 8. 25′ a.	Rimini	» fortissima.
»	»	20	»	Bologna	» leggera.
»	»	20	»	Urbino	» »
»	»	20	»	Forlì	»
»	»	20	»	Cesena	» mediocre.
»	»	20	»	Savignano	» »
»	»	20	»	Forlimpopoli	» »
»	»	20	8. 25′ a. circa	Firenze	» leggera.
»	»	20	8. 28′ a.	Faenza	»
»	»	20	8. 28′ 30″ a.	Camerino	»
»	»	20	* 8. 30′ a.	Cervia	» fortissima.
»	»	20	»	Castiglione	» molto forte.
»	Maggio	6	*11. p. circa	Porretta	» sensibile.
»	»	6	»	Marradi	»
»	»	6	11. 01′ 49″ p.	Firenze	scossa leggera.
»	»	6	11. 04′ 26″ p.	Bologna	» forte.
»	»	6	11. 09′ 30″ p.	Urbino	» leggera.
»	»	6	11. 10′ p.	Lojano	» mediocre.
»	»	6	11. 11′ p.	Cosenza	» leggera.
»	»	21	* 1. 18 a.	Pavia	»
»	»	21	»	Genova	» sensibile.
»	»	21	* 1. 30′ a. circa	S. Romano	» mediocre.
»	»	21	»	Verona	2 scosse.

Segue: **QUADRO** *rappresentante i terremoti conosciuti in Italia dall'anno meteorico 1873 al 1878 coincidenti esattamente nell'ora additata, ovvero con differenza disprezzabile di pochi minuti.*

1875	Maggio	21	1. 35′ a. circa	Parma	scossa sensibile.
»	»	21	1. 36 a. circa	Monte Vettolini	» leggera.
»	»	21	1. 37′ a.	Modena	» »
»	»	21	1. 38′ a.	Pisa	» forte.
»	»	21	1. 40′ a.	Sarzana	» lunga.
»	»	21	1. 41′ a.	Firenze	» mediocre.
»	»	21	* 1. 42′ a.	Venezia	» sensibile.
»	»	21	»	Pistoja	» mediocre.
»	»	21	1. 45′ a.	Lucca	» »
»	»	21	1. 43′ 38″ a.	Livorno, Antignano, Montenero	2 scosse mediocri.
»	»	21	* 1. 45′ a.	Cervesina	scosse leggere.
»	»	21	»	Cosenza	scossa leggera.
»	»	21	»	Urbino	» leggerissima.
»	»	21	»	Spezia	» forte.
»	»	21	1. 45′ a. circa	Milano	» »
»	»	21	»	Vigevano	3 scosse.
»	»	21	1. 47′ a.	Porretta	scossa leggera.
»	»	51	1. 50′ a. circa	Pescia	» sensibile.
»	«	21	2. 00′ a. circa	Bagnone	2 scosse.
»	»	21	»	Padova	scossa; dopo due altre scosse.
»	Giugno	17	3. 27′ p.	Ascoli	» sensibile.
»	»	17	3. 30 p.	San Severino	» »
»	»	17	3. 32′ p.	Camerino e provincia	» leggera.
»	»	17	3. 34′ p.	Macerata	» »
»	»	17	3. 35′ p.	Ripatransone	» »
»	»	18	* 0. 30′ a.	Ascoli	» mediocre.
»	»	18	»	Filottrano	» sensibile.
»	»	18	* 0. 40′ a.	Ripatransone	» »
»	»	18	»	Camerino	» leggera.
»	»	18	* 0. 45′ a.	Macerata	» mediocre.
»	»	18	»	San Severino	» sensibile.
»	Settembre	3	0. 06′ a.	Velletri	» leggerissima.
»	»	3	0. 20′ a.	Roma	» »
»	»	3	0. 30′ a.	Savona	» sensibile.
»	»	3	0. 36′ a.	Velletri	» leggerissima.
»	»	3	* 0. 40′ a.	Mondovì	» leggera.
»	»	3	»	Bagnano	» »
»	Ottobre	6	11. 15′ a.	Faenza	» mediocre.
»	»	6	11. 19 a.	Imola	» leggera.

»	»	1	»	Valsesia	»
»	»	1	»	Val d'Aosta	»
»	»	1	»	Massino	»
»	»	1	»	Cogne	»
»	»	1	»	Varallo	»
»	»	1	8. 40′ p.	Oropa	» leggerissima.
»	»	1	8. 45′ p.	Alagna, Riva Valdobbia	»
»	»	6			grande terremoto di Sora.
1876	Gennaio	5	5. 30′ a.	Casteldelfino	terremoto.
»	»	5	5. 35′ a.	Vesuvio	scossa.
»	»	25	10. 05′ p. circa	Roma	» debole.
»	»	25	10. 10′ p.	Ripatransone	» forte.
»	»	25	*10. 15′ p.	Fermo	» loggera.
»	»	25	»	Ascoli	» sensibile.
»	Aprile	4	7. 15′ a.	Spoleto	» forte.
»	»	4	7. 23′ a.	Camerino	» leggera.
»	»	13	9. 45′ p.	Castelvetro Modenese	» »
»	»	13	9. 50′ p.	Modena	» »
»	Maggio	29	*11. 30′ a.	Malcesine	» fortissima.
»	»	29	»	Cascone	» anche più intensa.
»	Giugno	1	* 8. 25′ a.	Piacenza	» leggera.
»	»	1	»	Modena	» sensibile.
»	»	1	»	Sassuolo	2 scosse sensibili.
»	»	1	»	Cerreto di Spoleto	scossa.
»	»	1	»	Verona e dintorni	»
»	»	1	»	Fiumalbo	» leggera.
»	»	11	2. 00′ a.	Castelbuono	» »
»	»	11	2. 10′ a.	Corleone	» forte.
»	»	18	3. 29′ 7″ p.	Vesuvio	»
»	»	18	3. 30′ p.	Corleone	» leggera.
»	»	22	3. 08′ 26″ a.	Vesuvio	»
»	»	22	3. 10′ a.	Corleone	» leggera.
»	»	29	* 0. 30′ a.	Castelbuono	» molto forte.
»	»	29	»	Pollina	» debole.
»	»	29	»	Petralia	» »
»	Luglio	8	3. 00′ a circa	Puos d'Alpago	in 40 minuti tre piccole scosse.
»	»	8	3. 00′ a.	Corleone	scossa fortissima.
»	»	30	3. 00′ a.	Alatri	3 scosse leggere.
»	»	30	* 3. 05. a.	Subiaco	scossa forte.
»	»	30	»	Isola del Liri	» mediocre.
»	Settembre	20	2. 10′ a.	Vesuvio	»
»	»	20	2. 20′ a.	Rocca di Papa	» leggerissima.
»	»	22	10. 26′ p.	Corleone	» leggera.
»	»	22	10. 30′ p.	Rocca di Papa	» leggerissima.

QUADRO *rappresentante i terremoti conosciuti in Italia*

dall'anno meteorico 1873 al 1878

coincidenti con differenza non superiore di 30 minuti, ovvero con indicazioni vaghe.

1873	Marzo	29	11. 43′ p.	Roma	scossa leggera.
»	»	29	mezzanotte	Penna	» »
»	Aprile	12	7. 45′ p.	Cosenza	» »
»	»	12	sera	Frascati	» leggerissima.
»	»	16-17	notte	»	» »
»	»	17	0. 30′ a.	Ferrara	» leggera.
»	Maggio	16	8. 30′ p.	Porretta	» mediocre.
»	»	16	»	Guastalla	» debole.
»	»	16	»	Castelvetro di Modena	» fortissima.
»	»	16	9. 00′ p.	Aosta	» leggera.
»	»	16	9. 40′ p.	Cosenza	» »
»	Giugno	28	9. 00′ p.	Piacenza	» debole.
»	»	28	sera	Canobbio	» leggera.
»	Luglio	5	9. 47′ a.	Puos, Belluno ecc.	» forte.
»	»	5	10. 00′ a.	Puos	» mediocre.
»	»	6	10. 30′ a.	Puos	»
»	»	6	10. 55′ a.	Vittorio e Fadalto	» fortissima.
»	»	13	2. 00′ a.	Belluno	» leggera.
»	»	13	2. 30′ a.	Alvito	» »
»	»	23	4. 30′ a.	»	» leggerissima.
»	»	23	5. 00′ a.	Arpino	» forte.
»	Agosto	1	1. 00′ a.	Alvito	» leggera.
»	»	1	1. 30′ a. circa	Rocca di Papa	» mediocre.
»	»	1	2. 30′ a.	Vittorio	» leggera.
»	»	1	3. 00′ a.	Udine	» »
»	»	2	2. 00′ a.	Sora	» »
»	»	2	2. 30′ a.	Rocca di Papa	» leggerissima.
»	»	2	5. 30′ a.	Rocca di Papa	» »
»	»	2	6. 00′ a.	Alvito	» leggera.
»	»	15	11. 30′ a.	Belluno	» »
»	»	15	11. 30′ a.	Ponte delle Alpi	» mediocre.
»	»	15	tra le 11.45′ a. e le 12 m.	Rocca di Papa	» leggera.
»	»	17	6. 45′ p.	Rocca di Papa	» leggerissima.
»	»	17	7. 05′ p.	Belluno-Alpago	» leggera.
»	»	21	10. 05′ a.	Sarmede	2 scosse fortissime.
»	»	21	10. 05′ a.	Belluno	scossa sensibile.

»	»	30	1. 00′ p.	Rocca di Papa	» »
»	»	30	1. 30′ p.	Aquila.	» mediocre.
»	Settembre	17	9. 00′ p. circa	Padova	» leggera.
»	»	17	9. 35′ p.	Belluno	» »
»	»	17	10. 00′ p. circa	Padova	» »
»	»	17	10. 00′ p. circa	Rocca di Papa	» »
»	»	19	9. 00′ p. circa	Sora.	»
»	»	19	9. 35, p.	Cosenza	»
»	Dicembre	2	8. 24′ a.	Velletri	» sensibile.
»	»	2	8. 30′ a.	Moncalieri	»
»	»	6	tra le 11. a. e le 12 m.	Velletri	» leggerissima.
»	»	6	»	Frascati	» debole.
»	»	7	8. 30′ p.	Belluno	»
»	»	7	8. 45′ p.	Velletri	»
»	»	21	4. 00′ p.	Fermo	» mediocre.
»	»	21	4. 30′ p. circa	Ascoli-Piceno	» »
»	»	25	6. 05′ a.	Ascoli-Piceno	»
»	»	25	6. 25′ a.	Bellunese	» fortissima.
1874	Febbraio	24	prima delle 8. 00′ a.	Anagni-Tivoli	» leggera.
»	»	24	circa le 8. 00′ a.	Subiaco-Perugia	2 scosse leggere.
»	»	24	7. 52′ 18″ a.	Aquila	scossa forte.
»	»	24	7. 30′ a.	Amelia-Terni	2 scosse leggere.
»	»	24	5. 25′ p.	Velletri	scossa leggera.
»	»	24	6. 00′ p.	Moncalieri	» leggerissima.
»	»	25	dopo l' 1. 00′ a.	Roma	» sensibile.
»	»	25	1. 55′ a.	Ascoli	» leggerissima.
»	Aprile	2	0. 40′ p.	Cosenza	» »
»	»	2	1. 00′ p.	Velletri	» »
»	Maggio	2	11. 03′ p.	Biella	» mediocre.
»	»	2	11. 20′ p.	Cogne	» sensibile.
»	»	4	12. 30′ p.	Roma	» leggerissima.
»	»	4	12. m. circa	Moncalieri	» »
»	»	22-23	mezzanotte	Moncalieri	» »
»	»	22-23	notte	Frascati	» »
»	Giugno	27	9. 30′ a.	Empoli	» leggera.
»	»	27	9. 45′ a.	Roma	agitazione sismica.
»	Settembre	10	7. 30′ p. circa	Potenza	scossa debole; poco dopo altra.
»	»	10	8. 00′ p. circa	Marsico nuovo	» forte; poco dopo altra
»	»	11	9. 04′ a.	Visso, Macerata	» mediocre.
»	»	11	9. 20′ a.	Camerino	» leggerissima.
»	»	11	9. 00′ a. circa	San Pietro di Ferentillo	» sensibile.
»	Ottobre	8	3. 10′ a.	Marradi	» leggera.
»	»	8	3. 30′ a.	Tossignano	» »
»	»	8	3. 00′ a. circa	Velletri	2 scosse deboli.
»	»	8	5. 24′ a.	Tossignano e Scarperia	scossa mediocre e debole.

QUADRO *rappresentante i terremoti conosciuti in Italia*

dall'anno meteorico 1873 al 1878

coincidenti con differenza non superiore di 30 minuti, ovvero con indicazioni vaghe.

Data	Ora	Luogo	Scossa
1874 Dicembre 7	7. 30′ p.	Cosenza	scossa
» » 7	7. 48′ p.	Vesuvio	» leggera.
» » 15	1. 04′ a.	Vesuvio	»
» » 15	1. 30′ a.	Perugia	» leggera.
1875 Gennaio 24	3. 00′ a.	Ravenna	» leggerissima.
» » 24	3. 15′ a.	Forlì.	» »
» » 21	11. 30′ a.	Roma	» »
» » 21	11. 45′ a.	Modigliano	» forte.
» Febbraio 11	7. 00′ p.	Forlì.	» leggera.
» » 11	7. 30′ p.	Oropa	» »
» » 23	3. 38′ a.	Oropa	» sensibile.
» » 23	4. 00′ a. circa	Marsico nuovo	2 scosse.
» Marzo 18			grande terremoto Riminese.
» Giugno 17	3. 35′ p.	Ripatransone	scossa leggera.
» » 17	3. 56′ p.	Filottrano	» mediocre.
» Ottobre 6	11. 19′ a.	Imola	» leggera.
» » 6	11. 40′ a.	Forlì	» »
» » 10	7. 46′ p.	Belluno	» sensibile.
» » 10	8. 00′ p.	Pieve d'Alpago	» mediocre.
» Dicembre 5	9. 00′ p.	Bologna	» leggerissima.
» » 5	9. 30′ p.	Subiaco	» debole.
» » 5	10. 00′ p.	Urbino e Velletri	» leggera.
» » 6			terremoto di Sora.
» » 7	6. 40′ p.	S. Giovanni Rotondo	scossa leggera.
» » 7	7. 00′ p.	S. Marco in Lamis	» »
» » 13	10. 40′ p.	Roma	» leggerissima.
» » 13	11. 15′ p.	Ivrea	» »
» » 14	9. 15′ p.	Roma	» »
» » 14	9. 35′ p.	Catania	» leggera.
» » 18	6. 50′ a. circa	Riva Valdobbia	» »
» » 18	7. 15′ a. circa	Molla	» »
1876 Gennaio 9	3. 30′ a.	S. Benedetto	» molto forte.
» » 9	3. 42′ a.	Ascoli-Piceno	» forte.
» Marzo 5	9. 45′ a. circa	Petriolo e Fermo	» leggera e leggerissima.
» » 5	10. 00′ a. circa	Montefortino	» leggera.
» » 5	10. 15′ a.	Camerino	» »

»	»	24	3. 30 a.	Ferrara di Monte Baldo	»
»	»	21	4. 00′ a.	Verona	»
»	»	24	all'alba	Modena	2 scosse leggere.
»	»	29	12. merid,	Bretonico	scossa leggera.
»	»	29	12. 15 p.	Ferrara di Monte Baldo	» fortissima.
»	Maggio	29	11. 10 a.	Corleone	» leggera.
»	»	29	11. 30′ a.	Malcesine e Cassone	» fortissima.
»	Giugno	1	8. 00′ a.	Corleone	» leggera.
»	»	1	8. 25′ a.	Piacenza	» »
»	»	1	»	Modena	» sensibile.
»	»	1	»	Sassuolo	2 scosse sensibili.
»	»	1	»	Cerreto di Spoleto	scossa.
»	»	1	»	Verona e dintorni	»
»	»	1	»	Fiumalbo	» leggera.
»	»	9	3. 10′ a.	Camerino	» »
»	»	9	3. 30′ a.	Sassuolo	» »
»	»	9	3. 45′ a.	Corleone	» »
»	»	9	8. 00′ a. circa	Portella di Mare	» forte.
»	»	9	8. 30′ a.	Corleone	» leggera.
»	»	11	8. 30′ p.	Corleone	» »
»	»	11	8. 45′ p.	Roma	» leggerissima.
»	»	15	8. 01′ 52″ p.	Vesuvio	»
»	»	15	8. 30′ p.	Corleone	» leggera.
»	»	18	3. 29′ 07″ p.	Vesuvio	»
»	»	18	3. 30′ p.	Corleone	» leggera.
»	Luglio	12	2. 00′ a.	Corleone	» mediocre.
»	»	12	2. 30′ a.	Monte Baldo	» molto forte.
»	»	13	3. 30′ p.	Corleone	» leggera.
»	»	13	4. 00′ a.	Acquasparta	terremoto.
»	»	20	10. 07′ 03″ p.	Vesuvio	scossa.
»	»	20	10. 20′ p.	Corleone	» leggera.
»	»	20	3. 00′ a.	Corleone	» »
»	»	20	3. 54′ 06″ a.	Vesuvio	»
»	»	29	11. 45′ p.	Corleone	» leggera.
»	»	29	11. 56′ p.	Vesuvio	»
»	»	30	7. 00′ a.	Castel di Sangro	» forte.
»	»	30	7. 30 a.	Anagni	» leggera.
»	Settembre	22	7. 00′ p.	Corleone	» »
»	»	22	7. 13′ p.	Vesuvio	» »

Le indicazioni fornite in questi due quadri, non solo mostrano la frequenza dei terremoti contemporanei in regioni distanti fra loro, ma mostrano eziandio coll'esperienza recente che in Italia queste coincidenze avvengono variamente senza legge fissa, di modo che tutti i punti della penisola si scuotono indifferentemente ora con uno ed ora con altro luogo dell' Italia medesima. La predetta coincidenza paragonata col fatto sopra apparso nelle analisi riportate del doppio centro contemporaneo della scossa, svela a mio giudizio una grande analogia fra i due fatti medesimi e ci suggerisce di riconoscere fra loro una diversità solo nella intensità dell'urto. D'onde avviene che la regione intermedia fra i due centri non si scuote per gl' impulsi deboli, mentre ondeggia tutta per le forti vibrazioni. Ma qui taluno potrebbe oppormi che non consta della esattissima coincidenza delle ore nelle quali avvennero i terremoti contemporanei in più regioni lontane, perchè non ne furono appurati i minuti precisi, come è stato fatto nei terremoti analizzati. Intorno a ciò osservo che la coincidenza anche solo approssimativa è già un grande fatto nel caso nostro; oltre a ciò nell'analisi del Serpieri apparve anche qualche differenza di tempo fra i due centri; dunque, per stabilire l'analogia fra i grandi terremoti a due centri ed i piccoli isolati avvenuti in due luoghi contemporaneamente, non occorre la perfetta contemporaneità del momento. Ma qui osservo che nel terremoto assai vasto del 6 dicembre 1875 si ebbe appunto dallo studio delle ore il caso di non poter rinvenire nè una linea di radiante, nè un centro unico di azione, ma invece si ebbe l' apparizione di molti centri sismici che funzionarono interpolatamente. Dentro non pochi minuti una grande area fu scossa fortissimamente, e la propaga-

zione delle onde faceva capo a molti centri diversi nell'area stessa. Tali furono le differenze e gli intervalli, che io proposi di chiamarlo movimento a salti, e riconoscervi una forma nuova speciale di terremoto. Ecco il quadro degli elementi principali ricavati dalle notizie raccolte. A questo però premetto due descrizioni del fenomeno che scelgo come le più precise e scientifiche, redatte l'una dal noto e benemerito prof. C. de Giorgi di Lecce che in quel dì trovossi in Foggia, l'altra dall'ufficiale telegrafico di Barile, signor Ing. Piacentino.

Descrizioni del terremoto del 6 dicembre 1875
e quadro sinottico delle notizie raccolte sul medesimo.

« Stando in una stanza a m. 15 dal suolo e leggendo,
« alle ore 3 ant. fui interrotto dai latrati di un cane che
« volea fuggire da una stanza vicina. Alle 3. 25 ant., tempo
« medio di Roma, cominciò il terremoto, prima leggiero
« che si riduceva ad un fremito nei vetri delle imposte
« simile a quello prodotto dal passaggio di carri pesanti.
« La bussola cominciava ad oscillare fortemente: le scosse
« erano dirette da N.-E. a S.-O. soltanto ondulatorie, non
« sussultorie; erano isocrone ed a larghe onde. Sul finire
« del terremoto le scosse furono veramente terribili, ed il
« rombo sotterraneo accresceva la sublimità del fenomeno.
« Questo rombo restò anche dopo cessato il movimento,
« che durò in tutto 9″, e l'intensità massima fu *sensibile.*
« Dopo sei minuti primi succedè la seconda scossa meno
« intensa, che durò un secondo e mezzo. Il barometro se-
« gnava 745, il termometro esterno 6° cent.; il cielo era
« limpidissimo e stellato; solo densi cumulo-strati nereg-

« giavano a N.-E. con lampi continui. Spirava fresca brezza
« di tramontana e l'aria era asciuttissima.

« Foggia, 6 dicembre 1875.

« Dott. Cosimo de Giorgi. »

« Preciso l' ora del terremoto del giorno 6 dicembre, a
« 3 35′ ant., t. m. di Roma, per la seguente ragione. L'oro-
« logio dell' Ufficio, dietro ai più lievi spostamenti, va sog-
« getto a fermarsi: e appunto tale era l'ora allorchè l'oro-
« logio si era arrestato. Le generali relazioni assunte nel
« paese, confermarono essere stata tale l'ora del terremoto.

« La durata fu di minuti 1 35″ circa, a tre intervalli.

« Io era desto ed intesi muovermi il letto da Oriente a
« Ponente per 10″ o 15″, e poi fermarsi lentamente; quindi,
« dopo pochi secondi, un secondo movimento con forza
« iniziale pari a quella finale della prima scossa. Venne
« poi una terza scossa dopo un intervallo di tempo minore
« di quello tra la prima e la seconda, e con urto impulsivo
« maggiore della antecedente, accompagnato da fremito e
« cigolio delle imposte della stanza.

« Dall' osservazione fatta dopo la scossa su bussola or-
« dinaria, fu constatata una deviazione di 2 o 3 gradi pro-
« dotta nell'ago da corrente positiva.

« Per varii giorni consecutivi alla scossa e prima, si sen-
« tirono rombi sotterranei lungo la falda meridionale del
« Vulture.

« Barile, 12 dicembre 1875.

« *Il Capo Ufficio Telegrafico*
« Ing. Giuseppe Piacentino. »

ORA	LUOGO	FORZA	Numero delle scosse o riprese	QUALITÀ	DIREZIONE	DURATA
mezzanotte	Sant'Angelo d'Alife	leggera	1	—	—	—
»	Piedimonte d'Alife	»	1	—	—	—
2.30 a. t.m.di R.	Brindisi	forte	1	—	—	—
2. 30 a. 3. 00 a.	Roma.	leggerissime	1	ondulatoria	S.E.—N.O.	—
3. 00 a.	Roma.	leggera	1	sussultoria	—	—
»	Gambatesa	molto forte	1	—	—	—
»	Foggia	pres. n. anim.	—	—	—	—
»	Anagni	mediocre	1	ondulatoria	N.E.—S.O.	—
3. 03 a.	Alatri.	»	con ripr.	ondulatoria	S.—N.	6″ circa
3. 04 a.	Potenza (Calabria)	forte	1	ondulatoria	E.—O.	pochi sec.
3. 20 a.	Tivoli	mediocre	2	ondulatoria	S.E.—N.O.	10″
»	San Benedetto	»	1	ondulatoria	—	lunga
3. 24 a.	Rossano Calab. e Castrovillari	forte	1	—	—	—
3. 25 a.	Foggia	prima sensib., poi inf. fortiss.	1	ondulatoria	N.E.—S.O.	—
3. 27 a.	Ascoli Piceno	leggera	1	ondulatoria	N.E.—S.O.	30″ e più
3.28 a. t.m.di N.	Napoli, Vesuvio e Portici . .	fortissime	4	ond.vort. e sus.	N.E.-S.O.	18″
3.28 a. t. vero	Cosenza e provincia.	leggera	1	—	—	—
3. 28 a.	Subiaco	mediocre	1	ondulatoria	N.O.—S.E.	12″
3. 29 a.	Rocca Priora	leggera	1	ondulatoria	S.—N.	—
3. 30 a.	Parma	»	1	ondulatoria	S.—N.	—
»	Ancona	forte	1	—	—	—
»	Macerata	leggera	1	ondulatoria	—	—
»	Salerno	fortissima	1	ondulatoria	—	—
»	Caserta	molto forte	1	—	—	—
»	Torricella Peligno.	fortissima	1	ondulatoria	N.O.—S.E.	—
»	Rocchetta Sant'Antonio . . .	forte	1	ondul.-sussul.	—	7″
3.30 a. t.m.di R.	Brindisi	»	1	—	—	—
3. 30 a.	Velletri	leggera	1	ondulatoria	SSO.-NNE.	—
»	Sora	molto forte	1	ondulatoria	S.E.—N.O.	molti sec.
»	Vasto e Poggio Imperiale . .	forte	1	—	—	lunga
»	Anzi, Larino	leggera	1	—	—	—
»	Pescara, Frascati.	»	—	—	—	—
»	Teano, Valle del Liri, Cajazzo, Nola, Marigl., Liveri, Altam.	forte	—	—	—	—

ORA	LUOGO	FORZA	Numero delle scosse o riprese	QUALITÀ	DIREZIONE	DURATA
3. 30 a.	S.Maria di Capua, Manfredonia, Saline, S. Ferdinando, Panni, Bari, Rionero, Matera . . .	molto forte	—	—	—	—
»	Giuliano, Miano, Amalfi, Monte Calvo, San Marco de' Cavoti, Rodi, S. Severo, Lucera . .	fortissima	—	—	—	—
»	Motta, Linea ferroviaria di Foggia-S. Severo, Biccari, Monte Sant'Angelo, Bovino, Troja, Barletta	rovinosa	—	—	—	—
»	San Marco in Lamis, San Giovanni Rotondo	disastrose	4	—	—	—
3.31 a. t.m.di R.	Foggia	altra leggera	1	—	—	—
»	Urbino	leggera	1	ondulatoria	S.O.—N.E.	10″
3.32 a. t.m.di R.	Camerino	»	2	ondulatoria	S.E.—N.O.	4″ o 5″
3. 33 a.	Ancona	forti	3	2 ond. e l'ul. sus.	—	7″
3. 35 a.	Monte Cassino	mediocre	1	ondulatoria	S.—N.	lunga
»	Alvito.	forte	—	ondulatoria	E.—O.	—
3.35 a. t.m.di R.	Barile.	fortissima	3	ondulatoria	E.—O.	1′ 35″ circa
3. 40 a.	Fermo	forti	2	ondulatoria	E.—O.	1″
»	Campobasso	scossa	1	—	—	—
3. 45 a.	Bologna	ampie oscill. all'ortosism.	—	—	—	—
»	Aquila e dintorni	leggera	1	sussultoria	—	—
»	Penne.	molto forte	1	ondulatoria	—	—
poco dopo		altra scossa	1	—	—	—
3. 45 a.	Cerignola	molto forti	più	ondulatoria	—	circa 20″
3. 50 a.	Sant'Angelo d'Alife e Piedimonte d'Alife.	fortissima	1	—	—	—
»	Avellino.	molto forte	1	—	—	—
4. 00 a.	Locorotondo	sensibile	1	—	—	—
»	Chieti.	forte	1	ondulatoria	—	più sec.
»	Benevento	fortissima	1	—	—	—
»	Bojano	fortissime	più	ondulatoria	—	—
9. 00 a.	Aquila	leggera	1	sussultoria	—	—

Imprendo ora a discutere ed analizzare l'addotto specchio dei dati. Il grande terremoto che avvenne circa alle 3 30 ant. mostrò chiaro in generale, che il suo centro d' azione risiedeva nell'Italia meridionale fra il Gargano e Napoli; e che i limiti di questa azione giungevano a Palermo nel Sud, a Parma nel Nord. Ciò posto merita ricordo, che l' indole saltuaria di quel terremoto già manifestavasi prima del medesimo e conservavasi ancor dopo. Imperocchè rombi avvenivano prima ad Alvito e Barile nella sera del 5; e terremoti ad Alife nella mezzanotte, e poscia ad Aquila alle 9 ant., ed alle 8 pom. a S. Marco in Lamis.

Ma ragionando sui dati del fenomeno sismico principale non possiamo dubitare, che un primo terremoto distinto da quello delle 3 30 circa, avvenne alle 2 30 antimeridiane. Questa scossa fu chiaramente accusata a Roma dal mio sismografo ed avvertita a Brindisi (dove l'osservatore specifica anche l'ora in tempo medio di Roma) separatamente dalla successiva delle 3 $^1/_2$. La vasta regione adunque che dovea trabalzare tutta alle 3 30, scuotevasi un'ora prima in due soli punti lontanissimi fra loro.

Un'altra scossa più complessa avveniva pure indubitatamente alle 3 ant. circa; e questa poi non solo fu separata da quella delle 3 $^1/_2$, ma scosse una buona parte della regione che rimase poi tranquilla alle 3 $^1/_2$ stesse. Dalla relazione del de Giorgi chiaro apparisce che in Foggia alle 3 ant. vi fu negli animali una ragione d' inquietudine indipendente dalla scossa, che più tardi avveniva alle 3 $^1/_2$. In Roma poi non solo il mio sismografo, ma eziandio alcuni osservatori, accertarono che questa città tremò alle 3 antimeridiane e non punto alle 3 $^1/_2$. A questi due dati certi corrispondono le osservazioni di Anagni e di Alatri, le quali

osservazioni e per la reciproca vicinanza topografica, e per la qualità degli osservatori, e per la specificazione dei quattro minuti aggiunta alla notizia dell'ora in Alatri, è chiaro che attestano essersi in tutti quei luoghi avvertito veramente il terremoto intorno alle 3 antimeridiane. In fatti oltre il già citato fatto di Foggia, altri ve ne sono per confermare un qualche scuotimento avvenuto nella stessa area centrale del terremoto alle 3 antimeridiane. Quest'ora è notata per Potenza e per altri luoghi, fra i quali S. Marco in Lamis. In quest'ultimo luogo, come anche a Gambetta, non sarei alieno dal crederla una indicazione grossolana del fatto se le altre notizie ivi stesso raccolte non ce ne fornissero la ovvia interpretazione, notificandoci che dalle 3 15 alle 3 30 a, vi fu una serie di scuotimenti. È chiaro che in questo luogo centrale pel terremoto del 6 dicembre la terra cominciò ad agitarsi intorno alle 3 ant. ed ebbe poi il massimo movimento disastroso alle 3 $^1/_2$ circa, come il resto del circondario Garganico. Insomma l'insieme dei dati mi sembra certificare su ciò questi tre punti: 1°, che alle 3 antimeridiane vi fu un certo principio delle scosse distinto dal massimo delle 3 $^1/_2$; 2° che una vasta porzione dell'area del terremoto sentì sensibilmente solo questa delle 3 ant.; 3° che la scossa delle 3 ant. colpì principalmente la regione romana ed insieme anche qualche luogo del centro del movimento. Laonde non sono alieno dal credere, che il terremoto delle 3 ant. ebbe come molti altri e come il precedente delle 2 30 ant. due centri di azione. L'uno, come si è detto, verso la regione romana, l'altro nel gruppo dei monti del Gargano.

Volgiamoci ora a considerare lo specchio delle notizie, che si riferiscono al massimo delle 3 $^1/_2$ ant. circa. Comin-

ciando dal fare assegnamento sulle ore bene accertate e ridotte in tempo medio di Roma, trovo indubitabile l'ora assegnata con diligenza dal de Giorgi in Foggia delle 3 25 ant. in tempo medio di Roma. E poichè Foggia dista alquanto dal centro Garganico, dove i danni accusarono il centro intensivo, è assai verosimile il credere, che nel Gargano l'urto scoppiasse verso le 3 24 ant. Vera o no che sia questa restituzione di momento, l'ora di Foggia corrisponde molto con quella ottenuta dal Palmieri in due osservatorii contemporaneamente, cioè in Napoli ed al Vesuvio, 3 24 ant. tem. med. di Roma. Corrisponde pure con l'ora stabilita per il terremoto di Napoli all'Osservatorio astronomico di Capodimonte, che fu 3 28in tem. med. di Napoli, cioè 3 24 tem. med. di Roma. Su questi soli due dati possiamo già concludere, che il massimo sismico violento ebbe anch'esso due centri simultanei o quasi, nel Gargano ed in Napoli. Al dato dell'ora qui corrisponde quello della forza, perchè appunto vediamo in questi stessi due luoghi essere avvenuti i danni maggiori. La regione intermedia fu scossa assai di meno. Non abbiamo notizie di luoghi, nè possiamo ragionare sulle altre ore che più o meno diversificano fra loro e non danno garanzia di esattezza. Tutte queste altre indicano più o meno le 3 30′ ant. ed accusano anche la ripetizione di più scosse separate. Dunque è logico l'inferirne, che la pluralità delle scosse possa ripetersi anche dal vario diffondersi delle onde diramate dai centri diversi, che successivamente subivano un sotterraneo impulso.

Comunque poi ciò sia, rimane certo a mio parere, che il terremoto principale avvenne alle 3 24 ant. manifestandosi nei due centri di Napoli e del Gargano. Ma si osservi che fra le ore indicanti le 3 ½ circa come l'ora del

fenomeno principale torna in campo l'esatta descrizione del de Giorgi relativa a Foggia. Questi ci dice che dopo la scossa delle 3 24, un'altra ne succedette alle 3 31 del tempo medio di Roma. Trovo pure altre due determinazioni di precisione, che meritano esame in questo punto, e sono quella del Serpieri in Urbino, che fissò il terremoto alle 3 31 tempo med. di Roma, e quella del Berti in Camerino, che lo stabilì alle 3 32 t. med. di Roma. A queste precise indicazioni ne corrispondono altre, che non vantano tanta precisione, ma provenendo da osservatorii non possono esser poi eccessivamente inesatte. Da Ancona, da Parma, da Macerata ci viene designato lo scuotimento del suolo alle 3 30. Sembrerebbe ovvio che quest'ora nelle Marche e nell'Emilia potesse rappresentare il tardo arrivo dell'onda sismica partita dal Gargano alle 3 24. Ma a ciò si oppongono le moltissime osservazioni fatte nelle varie città delle Marche più vicine al Gargano che Ancona e Urbino, le quali tutte concordemente accusano le 3 40 ovvero 3 45, come ora del terremoto. Se ad Ancona e ad Urbino fossero giunte alle 3 31 le onde sismiche inviate dal Gargano alle 3 24, come potrebbero esser passate alle 3 45 soltanto nella regione intermedia di Fermo? Dunque io debbo concludere o che il terremoto delle 3 24 passò senza farsi sentire nella regione di Fermo; ovvero, ciò che è più verisimile e consentaneo all'andamento sismico di quella mattina e consentaneo pure all'osservazione del de Giorgi in Foggia, cioè il terremoto delle 3 24 non aver oltrepassato, ma solo toccato le Marche alle 3 27 in Ascoli: poscia essere avvenuta alle 3 31 un'altra scossa a doppio centro nel Gargano e presso Urbino; e finalmente un'altra scossa essere avvenuta verso le 3 45 urtando la regione fermana delle Marche.

Se volessi andare per sottile potrei stabilire un'altra scossa alle 3 35 ed un'altra circa alle 4 ant. Ma a dir vero le notizie non presentano caratteri di certa determinazione dell'ora e perciò non volendo mescolare i dati troppo incerti con i certi, debbo contentarmi della messe raccolta.

E qui concludendo questa analisi del terremoto del 6 dicembre, sembrami d'avere abbastanza dimostrato: 1° che parecchie furono le scosse dentro la stessa area e dentro breve spazio di tempo; 2° che tutte apparvero in più centri separati e contemporaneamente percossi. Laonde manifestarono con un esempio parlante la forma di terremoto saltuario. Inoltre il terremoto del 6 dicembre nei suoi singoli scuotimenti trova e presenta una analogia grandissima con la numerosa schiera dei terremoti piccoli e simultanei a distanza, di cui abbiamo sopra riferito il quadro ottenuto negli ultimi sei anni. Dunque resta vieppiù chiaramente confermata anche l'analogia, che notava in principio fra i grandi terremoti a due centri ed i piccoli lontani coincidenti nella stessa ora. Anzi tale analogia viene posta in sempre maggiore luce dal fatto, che nel terremoto del 6 dicembre alternarono fra loro e si mescolarono nella medesima vasta regione i terremoti di ambedue le specie, grandi cioè a doppio centro e piccoli fra loro distinti e contemporanei. Così stanno i fatti bene interpretati: la ragione dei medesimi ora non la vediamo, ma forse nel seguito di questa opera ne scopriremo qualche barlume.

§ 2. *Studio delle forme diverse di vibrazione sismica.*

Discusso ciò che nella forma de' terremoti scaturisce dalla determinazione dell'ora, viene l'esame promesso della parte vibratoria del medesimo, ossia lo studio delle forme diverse

di vibrazione, che assume lo scuotimento tellurico nel terremoto. In questa parte il lettore troverà poche novità; e sopra queste sole perciò io mi fermerò, contentandomi per il resto di enumerare soltanto la varietà degli scuotimenti. Il terremoto adunque saltuario o no, potrà urtare il suolo nelle seguenti maniere: *sussultoria, ondulatoria, mista, vorticosa; e poi ad urti obliqui, a colpo secco, a riprese, a sollevamento, ad abbassamento, a tremito, a vibrazione istantanea.*

Intorno alla forma sussultoria ed ondulatoria si esprimono abbastanza le parole stesse. La scossa *mista* delle due suddette forme si concepisce più chiara in seguito allo studio fatto sulle fratture. Imperocchè il sussulto è la conseguenza del conato d'una forza espansiva; e l'ondulazione è il moto della medesima, che quasi corrente percorre la cavità lineare della detta frattura. I terremoti misti più facilmente degli altri divengono poi *vorticosi*, perchè sono propri dei luoghi nei quali si esercita il massimo della violenza degli impulsi d'ogni genere. Quindi in questi luoghi il cessare del primo impulso sussultorio, dovendo dar luogo all'onda trasversale dei labbri della frattura, che tornano all'equilibrio, genera l'onda vorticosa ossia l'onda della corrente, che si trasforma nella sua normale.

Tutti conoscono poi il terremoto ad urti obliqui, i quali sono una speciale modificazione dei terremoti sussultori.

Avviene spesso nelle commozioni sussultorie del suolo di avvertire che l'impulso giunge alla superficie inclinato di qualche grado, non verticale. Sono pure forme speciali e comuni il *colpo secco* ed il terremoto *a riprese.* Nel primo si sente un colpo unico, che si smorza ovvero poi si trasforma in ondulazioni sismiche; nel secondo, poichè è co-

munissimo, si sente la scossa od il tremare del suolo che varia di forza ora crescendo nel mezzo della sua durata, ora alternando momenti di diminuzione con momenti di rinforzo. Questa forma dietro esperimenti speciali, che dovrò descrivere più tardi, posso dimostrare essere un puro effetto meccanico della vibrazione delle rocce simile a quella del *Diapason*.

A sollevamento o ad abbassamento il terremoto è talvolta avvertito dai sensi e ne è così chiara la determinazione, che non occorre spendervi altre parole oltre la semplice enunciazione.

Il tremito e la vibrazione istantanea invece meritano qualche considerazione anche per le generali riflessioni a cui ci conducono, relative a tutte le forme suddette del terremoto.

Il tremito è generalmente prolungato: se è istantaneo diviene una vibrazione. Il carattere comune ed essenziale di queste due forme è l'essere esse composte di onde tanto veloci, che non permettono di distinguere se il moto sia ondulatorio o sussultorio. Molte volte il tremito è il moto, col quale comincia ovvero finisce il terremoto; e perciò può sembrare che sia la più debole manifestazione del fenomeno sismico. Ma considerato attentamente non è sempre ciò vero. Il tremito e la vibrazione possono costituire una vera forma di terremoto talvolta sensibilissima, come lo attestano i sensi ed i sismografi. E qui l'analisi del fenomeno sismico ci obbliga ad entrare nell'esame delle altre particolarità, che caratterizzano il terremoto nella sua parte che ho chiamato vibratoria. La forma dello scuotimento la vediamo nel tremito e nella vibrazione tradursi nello studio della durata e della forza delle onde sismiche

Questi due fattori debbono necessariamente agire anche in tutte le altre forme sopra enumerate. Quindi il risultato del terremoto, ossia i danni od innocuità di questo, debbono dipendere dalla ragione composta della forma della scossa con la sua durata e la sua intensità.

Se in questa opera io traessi le conclusioni dell'esame statistico dei fatti registrati nelle descrizioni dei terremoti passati, in questo punto la detta statistica mi dimostrerebbe che d'ordinario il terremoto di lunga durata è più comunemente debole; mentre il forte è viceversa di breve durata. Ognuno vede le conseguenze meccaniche di questo fatto relative alla maggiore o minore sensibilità della scossa ed alle tracce che lascia di sè nei danni arrecati agli edifici. In questo punto noi consideriamo scientificamente i danni del terremoto; e perciò li riguardiamo come traccia e segno naturale della scossa appartenente all'ordine medesimo cui appartengono le tracce scientifico-meccaniche, che artificialmente ci procuriamo dal fenomeno medesimo nei sismografi. E poichè questi ci danno avviso anche delle scosse non avvertite coi sensi, ossia insensibili, potremo considerare le loro indicazioni come l'effetto meccanico ed il danno proveniente dai terremoti poco o nulla sensibili. Così si unifica lo studio dei diversi gradi di sensibilità delle scosse nell'effetto loro meccanico. Ma i gradi di sensibilità degli urti sismici saranno poi in ragione diretta della loro forza e della loro durata? Sembra una cosa ovvia e da non porre neppure in questione, che i terremoti possono essere più o meno intensi e più o meno durevoli; e secondo ciò siano essi più o meno sensibili. Ma cessa tale semplicità di concetti quando si volga l'occhio ai fatti sperimentali mostrati dai sismografi. Vediamo talora in questi apparecchi grandi tracce di

scosse, che niuno ha avvertito; e viceversa non troviamo talvolta in essi i segnali delle scosse non solo avvertite da tutti ma perfino paurose, e che consigliarono la fuga dalle case. In questo fatto si nasconde evidentemente un misterioso fenomeno; il quale, se interroghiamo l'esperienza dei danni, trova riscontro nelle istorie di questi. Molte volte violenti scosse dicesi che miracolosamente non produssero danni, ovvero, li cagionarono saltuariamente ed in guise strane, risparmiando talvolta alcuni edifici od alcuni oggetti mobili nell'interno delle case. Una legge fisica e meccanica deve presiedere a tutto ciò; e lo scoprirla equivale a svelare uno dei punti d'indagine nella natura del terremoto.

Allorchè ho classificato le forme degli scuotimenti, venendo all'ultima ho osservato, che il tremito e la vibrazione constano di onde celerissime. Tutti sanno che nei terremoti si sperimentano talvolta onde lentissime, che si assomigliano all'esser cullati ovvero ondeggiati in una barca. Dunque qualunque sia la forma del terremoto, le onde che esso produce nel suolo possono variare non solo di forza e di durata nel totale del fenomeno; ma eziandio nella forza e durata di ciascuna delle onde. La compagine dunque delle rocce componenti il suolo è simile ad un corpo vibrante acustico capace di ricevere e propagare suoni di diverso tono. E se il terremoto nei medesimi luoghi presenta diverse celerità di onde, ciò dinota che la sua causa iniziale è capace di imprimere impulsi di velocità diversa, che è quanto dire in toni diversi, prendendo i toni musicali come il tipo della vibrazione in onde di diversa celerità. Ciò posto noi osserviamo nei toni musicali, che una corda vibrante per impulso ricevuto fa vibrare le sue consone massima-

mente e le sue armoniche di 5ª o 3ª in secondo luogo, senza che sieno toccate, per la sola capacità che hanno di vibrare con onde sincrone alla corda vibrante. Trasferita cotesta considerazione ai terremoti e considerando tutti gli oggetti mobili come altrettanti pendoli, la cui lunghezza diversa determina il tempo della loro propria oscillazione, ne seguirà che ad ogni qualità diversa di onde sismiche telluriche si troveranno pendoli ed oggetti ad oscillazione sincrona, e perciò consonanti con l'onda tellurica. Quindi con questa volentieri e facilmente oscilleranno. Ciò sopratutto deve avvenire nei sismografi, che generalmente sono costituiti da pendoli. Questi pendoli sismografici oscilleranno più o meno facilmente ed ampiamente secondo che l'onda terrestre viene più o meno loro sincrona o dissincrona. Laonde ne discende che non tanto la forza o la durata delle scosse, quanto la durata speciale delle onde sismiche dentro un dato tempo produce i segni piccoli od ampli nei sismografi a pendolo. Fu in vista di questa legge che il Cavalleri immaginò il suo sismografo costituito da una serie decrescente di dieci pendoli, le cui diverse lunghezze rendevanli tutti disposti ad oscillare in tempi diversi. Ne seguiva che ad ogni scossa di terremoto dovendo un solo trovarsi sincrono coll'onda tellurica, quest'uno colla sua maggiore oscillazione avrebbe indicato la qualità dell'onda terrestre. Infatti ho io osservato nei terremoti, che la serie dei pendoli alla Cavalleri, allorchè avviene una scossa, mostra tre pendoli mossi maggiormente degli altri; e questi sono tre vicini fra loro, verificandosi il massimo movimento nel mediano dei tre.

Ognuno vede, che quando le pazienti osservazioni iniziate cogli odierni nuovi studii sismici avranno molto progredito,

forse verrà un tempo, nel quale alle oscillazioni telluriche potremo appropriare i distintivi dei toni musicali e potremo dire i terremoti essere avvenuti in *do*, in *re*, in *la*, ecc. Ma tornando al punto principale del nostro esame, che è lo studio della determinazione della intensità dei terremoti, dobbiamo applicare le conclusioni ora fatte circa le relazioni, che passano tra le onde sismiche terrestri ed i segni delle medesime nei pendoli sismografici. L'aver dimostrato che l'ampiezza ed anche l'esistenza stessa della oscillazione in un pendolo si deve principalmente al suo sincronismo coll'onda sismica, ci obbliga a riconoscere anche che la intensità dell'urto sismico, la quale rende il terremoto sensibile od insensibile, entra come fattore molto secondario nelle tracce sismografiche. Non così però la durata del terremoto, ossia il tempo, dentro il quale si ripetono gl'impulsi delle onde sismiche. La ripetizione degli impulsi se è prolungata e sincrona alla lunghezza di un pendolo, genera in esso un'oscillazione amplissima: quindi se si congiunge il sincronismo dell'onda sismica colla lunga durata della ripetizione degli impulsi, potrà avvenire in un sismografo una oscillazione grandissima con un terremoto poi d'altronde privo di ogni forza. Si avranno così terremoti grandi ed insensibili. Di questi se ne osservarono molti in Italia nei decorsi anni; e valga per tutti l'esempio seguente.

A dì 14 gennaio 1875 con un'alta pressione barometrica si presentò un fenomeno al tutto nuovo ed inaspettato. Alle ore 4 15 pom. io era intento alla solita osservazione. Nel resto della giornata avea visto i pendoli piuttosto calmi; in quell'ora osservai un qualche movimento energico ma non punto straordinario. Mentre però io guardava, il movimento si accrebbe in proporzione così grande e con tali stranezze

di acrescimento e di diminuzione fino all'istantanea ed improvvisa fermata per poi ritornare all'oscillazione ed ai tremiti, che sembravano moto e quiete prodotti da una mano invisibile. Le proporzioni di questi moti non abbisognavano più del microscopio per essere valutate, e vedevansi da lungi ad occhio nudo. Erano desse anzi assai superiori a quelle che producono talvolta i veri molto sensibili terremoti. Ma terremoto sensibile non era punto avvenuto: perciò io pensava che forse una qualche causa imprevista e puramente accidentale potesse produrre quel movimento. La chiusura perfettissima dell'istromento escludeva l'ipotesi, che un qualche animale fosse potuto penetrarvi dentro. Intanto non bisognava perdere l'osservazione. Il fenomeno continuò nel modo descritto per circa un' ora e mezzo, cioè dalle 4 15 alle 5 45 pom. circa. Dopo quest'ora cominciò a diminuire e pian pianino a cessare, riprendendo ogni tanto vigore, finchè nella notte e nel seguente giorno 15 gennaio la calma fu ristabilita quasi perfettamente.

Mentre nel giorno seguente io meditava sul fatto osservato e stava persuadendomi, malgrado l'evidenza del contrario, che un animale od altra causa doveano aver prodotto quel movimento del pendolo, che sembrava additare un grande ed insensibile terremoto, mi giunse una lettera del ch. P. Bertelli, colla quale mi descriveva il fatto medesimo da esso veduto a Firenze precisamente dalle 4 15 alle 5 40 pom., e la sua descrizione era tale, che non sarebbe stata diversa, se il Bertelli avesse tenuto il suo occhio al mio istromento in Roma.

Credo opportuno per l'esattezza dei dati riferire testualmente la lettera del ch. P. Bertelli in data 15 gennaio.

« Jeri (14 gennaio) mentre in tutta la mattina ed in parte

del pomeriggio cioè sino alle 3 27 (t. m. di Roma) il sismometro si era mostrato assai quieto ed il barometro molto alto, d'improvviso nell'osservazione delle 4 11 pom. si manifestò un movimento microsismico straordinario nel pendolo. Il moto ondulatorio era N.-N.-O. S.-S.-E. di 12″, 1 in valore angolare, e con oscillazioni verticali, distinte in periodi di pulsazioni, dell'ampiezza angolare di 9′, 1; e queste continuarono allo stesso modo alle 4 41 pom., mentre allora il moto orizzontale predominante era O.-S.-O. E.-N.-E. 27″, 2. Questo però alle 5 42 pom. si accrebbe fino a 42″, 4 O.-E., ma senza oscillazione verticale. Il moto suddetto poi si andò mano mano indebolendo, conservando però sempre la stessa direzione O.-E., fino che alle 9 46 pom. si riduce a 9′ 1. Durante la notte scorsa gli istrumenti non hanno più indicato nessun altro movimento sismico speciale, e questa mane finora (9 ore ant.) il tromometro è tranquillo. Jeri e più oggi si osserva un notevole abbassamento nell'ago magnetico, il quale però è senza oscillazione; e così fu trovato pure jeri alle 4 27, 5 53, 6 10, 7 33, 9 32 pom. »

Non occorrono molti ragionamenti per vedere in questo fatto una prova evidentissima della verità della esistenza dei piccoli moti tellurici; poichè niun altro fisico elemento, per quanto la scienza oggi conosce, potrebbe produrre un contemporaneo effetto meccanico in Roma ed a Firenze. Ma un' altra conseguenza discende a mio avviso chiarissima dal fenomeno osservato ai 14 gennaio. Tanto io in Roma, quanto il Bertelli a Firenze vedemmo accadere un movimento negli istrumenti superiore di gran lunga a quello che si verifica anche in molti veri terremoti. Dunque un movimento microsismico può esser maggiore d'un vero terremoto ed insieme essere insensibile ed innocuo.

In una parola impariamo da questo fatto che una successione di fitte vibrazioni possono tenere lentamente e lungamente agitata la crosta terrestre. Infatti ciò corrisponde perfettamente a quanto io osservava nel pendolo, quando pareami mosso da una mano. Ogni variazione di moto doveva corrispondere ad un nuovo impulso; e lo stesso fermarsi improvvisamente era effetto di nuovo impulso a contratempo. Lo che ho io stesso in altre occasioni artificialmente sperimentato facendo esplodere alcune mine in qualche prossimità d'un pendolo oscillante. Lo scuotimento della mina talora accresce, talora sospende repentinamente l'oscillazione del pendolo. Così dunque nel fenomeno del 14 gennaio alcuni impulsi tellurici agitavano il pendolo, altri lo arrestavano o ne diminuivano il movimento.

Il medesimo avviene negli ordinari moti microsismici, i quali in null'altro differiscono da questo straordinario, che nella minor loro intensità. Concludiamo adunque che la terra vibra periodicamente e che i terremoti possono talvolta essere insieme grandi e insensibili; del quale genere dobbiamo augurarci di poterne studiar molti, onde giungere presto, scoprendo le leggi sismiche, a prevedere in tempo i paurosi e disastrosi.

Contrariamente a quello che abbiamo finora esposto, ma dietro le medesime leggi sopra stabilite, può avvenire il caso d'ùn terremoto assai forte e perciò sensibilissimo ai sensi, il quale poco o nulla si trovi registrato nei sismografi a pendolo. Questo produrrà nel pendolo una oscillazione non grande, se l'onda sismica terrestre, quantunque sincrona al pendolo, dura però nelle ripetizioni un tempo breve: potrà anche non muovere punto il pendolo se alla breve durata accoppia il dissincronismo dell'onda. Quindi

malgrado la violenza dell'urto il sismografo può rimanere inerte o quasi inerte. Ed eccoci tornati collo studio dei segni sismografici a ciò che l'esperienza statistica ci additava empiricamente, esser cioè più comunemente deboli i terremoti lunghi e viceversa forti i terremoti brevi.

Interessante ma lungo sarebbe ora l'applicare tutte queste riflessioni sui segni dei sismografi, ossia sulle forme dei terremoti, alle indagini degli effetti violenti o lenti che ne risultano circa le modificazioni della superficie terrestre ed i danni lenti ed insensibili dei terremoti. In gran parte dovremmo tornare sullo studio delle lente oscillazioni del suolo e degli accumulati effetti delle piccole scosse; in gran parte pure dovremmo preoccupare il campo degli studii sul terremoto, che chiamiamo microscopico, al quale riserbiamo per intiero il libro seguente sotto il titolo della *Microsismologia.* Basti in questo lungo e spinoso capitolo aver dimostrato coll'analisi delle forme dei terremoti, come questo fenomeno nell'analisi scientifica risulti diverso da ciò che si apprende grossolanamente coi sensi. La sua estensione l'abbiamo trovata grandissima quando anche sembra eminentemente localizzato e perfino talvolta meno vasto di quel che pare, quando urta un' immensa regione in più scosse saltuarie vicine di tempo. La sua importanza e forza l'abbiamo trovata indipendente dal suo grado di sensibilità. E finalmente abbiamo preveduto la probabile e veramente scientifica classificazione dei terremoti secondo la qualità numerica delle sue vibrazioni nella unità di tempo, ossia il terremoto designato colle note musicali.

FINE DEL TOMO PRIMO.